



**Herstellung von eiweißreichen Futtermitteln
aus Ölsaaten und Leguminosen (GVO-frei) mit
verbessertem Futterwert durch die Behandlung
in einer neuen Mikrowellenanlage und
anschließender Fremdfettummantelung**



Abschlussberichtbericht Projekt „Herstellung von eiweißreichen Futtermitteln aus Ölsaaten und Leguminosen (GVO-frei) mit verbessertem Futterwert durch die Behandlung in einer neuen Mikrowellenanlage und anschließender Fremdfettummantelung“

1 Zielstellung des Vorhaben

Bei diesem Projekt handelt es sich um ein experimentelles Entwicklungsvorhaben, das sich auf die Herstellung von Futtermitteln mit besonderer Eignung zur Verbesserung der Eiweißversorgung von Nutztieren aus heimischen Quellen bezieht. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von neuartigen Prozessabläufen, verbesserten Rezepturen und angepasster Beschaffenheit von Futtermitteln (Entwicklung eines neuen Produktes). Die damit zusammenhängenden detaillierten Prozessabläufe zur Behandlung der Samen von Ölsaaten und Leguminosen sind zu konzipieren und experimentell zu entwickeln. Erreicht werden soll die bessere Nutzbarmachung der wertvollen Bestandteile, insbesondere der Eiweißfraktion, um diese in tierartspezifisch abgestimmten Futtermitteln in höheren Anteilen als bisher verwenden zu können.

Durch Einsatz einer neuartigen Mikrowellentechnologie wird eine neue Verfahrenstechnik anwendbar, die infolge eines hydrothermischen Aufschlusses zu einer Verbesserung der Eiweißverwertung sowie Reduzierung unerwünschter Stoffe und dadurch zur Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten der Samen von Ölsaaten und Leguminosen in der Tierfütterung führen kann. Für die tierspezifischen Rezepturen und konkreten Behandlungsschritte sind die unterschiedlichen technologischen Verfahrensweisen detailliert zu entwickeln und zu dokumentieren.

2 Futtermittelanalysen

2.1 Probenumfang

Von den Futtermitteln wurden insgesamt 132 Proben nach einem festgelegten Prüfschema in der LKS Lichtenwalde analysiert. Es wurden dabei immer die Ausgangsmaterialien, die Futtermittel nach der Mikrowelle mit einer kurzfristigen Abkühlung (diese wurde per Hand durchgeführt) sowie nach einer natürlichen Abkühlung (Restwärme der Substrate) beprobt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Versuchsdesign je Durchlauf für die Futtermittel

Ausgangsmaterial n=2 Proben		
Temperatur	105 °C n=1 Proben	120 °C n=1 Proben
Abkühlung	nach Abkühlung n=1 Proben	nach Abkühlung n=1 Proben

Insgesamt konnten bei der LKS Lichtenwalde in der Summe 132 Proben nach speziell ausgewählten Parametern in Bezug auf die Wirkungen der Behandlung mittels Mikrowelle untersucht werden. Die Verteilung der Proben auf die einzelnen Futtermittel zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Verteilung der Proben auf die Futtermittel und Behandlungen

Futtermittel	Summe	Ausgang	105 °C		120 °C	
			nach MW	Abkühlg.	nach MW	Abkühlg.
Rapssamen	36	12	6	6	6	6
Öllein	12	4	2	2	2	2
Erbsen	36	12	6	6	6	6
Ackerbohnen	36	12	6	6	6	6
Süßlupinen	6	2	1	1	1	1
Sojabohnen	6	2	1	1	1	1

Um den Effekt der hohen Temperatur nach der Behandlung mittels Mikrowelle auf die Produktqualität beschreiben zu können, sollen im 5-Minuten-Intervall nach dem Austrag aus der Anlage die Temperatur im Futtermittel erfasst werden (Messung im Auffangbehälter). Wichtig wäre ebenfalls die Messung des Durchflusseses durch die Anlage (kg je Stunden).

Die Ausgangs- und die behandelten Materialien werden dann im Labor der LKS in Lichtenwalde nasschemisch auf das Grundpaket (Rohnährstoffe), die Detergentien und den Gehalt an antinutritiven Stoffen untersucht. Die Mengen- und Spurenelemente werden ausschließlich im Ausgangsmaterial analysiert, da eine Veränderung durch die Behandlung nicht erwartet werden kann. Weiterhin sollten exemplarisch die Gehalte an Mykotoxinen in den Futtermitteln untersucht, was jedoch aufgrund der unterhalb der Nachweisgrenze liegenden Befunden nicht weiter verfolgt wurde. Für die Rapssamen und die Ackerbohnen standen die in Tabelle 3 ausgewiesenen Analysen im Vordergrund. Auf eine Fraktionierung des Rohproteins wurde dabei bei den Rapssamen verzichtet, da die dem Rechenmodell hinterlegten Regressionen nicht für ölhaltige Futtermittel zutreffend sind. Als antinutritive Substanz wurde beim Rapssamen der Gehalt an Glukosinolaten bestimmt.

Tabelle 3: Analysespektrum für die Futtermittel

Futtermittel	Analysespektrum
Rapssamen	– Grundpaket: TM, XA, XP, XF, XL, NfE, nXP, XS, XZ, – Detergentien: NDF, ADF, ADL, NFC, – pepsinunlösliches Rohprotein – antinutritive Stoffe: Glukosinolate
Ackerbohnen	– Grundpaket: TM, XA, XP, XF, XL, NfE, nXP, XS, XZ, – Detergentien: NDF, ADF, ADL, NFC, – Proteinlöslichkeit und XP-Fraktionierung sowie UDP, – pepsinunlösliches Rohprotein

Für die Leinsamen wird neben den Standard-Analysen vor allem der Gehalt an Blausäure ermittelt, wobei hier die Ergebnisse aus 2 Laboren (PETROLAB und LUFA Speyer) in die Auswertungen einbezogen werden musste (Tabelle 4). Für Erbsen sind aus der Literatur keine nennenswerten Inhibitoren für Proteasen vorzufinden und auf der anderen Seite lassen sich keine standardisierten Methoden für einen breiten Einsatz eruieren. Gerade bei den Erbsen erscheint aber der Einfluss der Sorten auf die Verdaulichkeit des Rohproteins signifikant zu sein, so dass für die vorliegenden Untersuchungen nur 1 Sorte verwendet werden wird. Eine Fraktionierung des Rohprotein rundet die Analysen bei den Erbsen ab.

Tabelle 4: Analysespektrum für die Futtermittel

Futtermittel	Analysespektrum
Leinsamen	– Grundpaket: TM, XA, XP, XF, XL, NfE, nXP, XS, XZ, – Detergentien: NDF, ADF, ADL, NFC, – pepsinunlösliches Rohprotein – antinutritive Stoffe: Blausäure
Erbsen	– Grundpaket: TM, XA, XP, XF, XL, NfE, nXP, XS, XZ, – Detergentien: NDF, ADF, ADL, NFC, – Proteinlöslichkeit und XP-Fraktionierung sowie UDP, – pepsinunlösliches Rohprotein

Weiterhin sollte die Schwimmfähigkeit der Samen (Ausgangsprodukt und nach der Behandlung) ermittelt werden nach dem Einfüllen sowie im 5-Minuten-Intervall bis 60 Minuten danach (in Wasser sowie Alkohol). Dabei wurden genau 100 Samen ausgezählt und dann der Anteil schwimmender Samen manuell im Labor der LKS Lichtenwalde durch einen Mitarbeiter des Professor Hellriegel Institutes ausgezählt.

Im Labor der LKS Lichtenwalde wurden von den unbehandelten und den geprüften Futtermitteln nach der Mikrowellen-Behandlung verschiedene Präparate unter dem Mikroskop angefertigt und analysiert sowie archiviert. Diese Arbeiten erfolgten ebenfalls durch die studentischen Mitarbeiter im Labor der LKS Lichtenwalde. Aufgrund der Schwierigkeiten beim Anschnitt der Samen und der etwas schlechten bildlichen Darstellung können hier keine sehr guten Ergebnisse erzielt werden.

Für die Futtermittel wurden entsprechend der geplanten Einsatzumfanges und der Rationen sehr spezifische Analysen in der LKS Lichtenwalde abgestimmt, um den Kostenrahmen auf einem überschaubaren Limit zu halten, aber trotzdem möglichst aussagefähige Ergebnisse zu produzieren. Bei den antinutritiven Stoffen in den beiden Ölsaaten (Raps und Leinsamen) wurde aufgrund der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nur eine kleine Auswahl in den Laboren analysiert.

2.2 Analysemethoden

Bei den Analysen in der LKS Lichtenwalde sowie den von der LKS beauftragten Labors wurden folgende Methoden angewendet:

- Trockenmasse: VDLUFA III, 3.1, 1976
- Rohasche: VDLUFA III, 8.1, 1976
- Rohfaser: VDLUFA III, 6.1.1, 3. Erg. 1993
- Rohprotein: VDLUFA III, 4.1.2, 2004
- Nutzbares Rohprotein: berechnet (aus Rohprotein, UDP und ME, siehe DLG-Futterwerttabelle S. 15)
- Rohfett: VDLUFA III, 5.1.1, 2. Erg. 1988
- Stärke: VDLUFA III, 7.2.1, 8. Erg. 2012
- Zucker: VDLUFA III, 7.1.3, 1976
- NDF: VDLUFA III, 6.5.1, 8. Erg. 2012
- pNDF: Hausmethode LKS FMUAA 140
- ADF: VDLUFA III, 6.5.2, 8. Erg. 2012
- ADL: VDLUFA III, 6.5.3, 8. Erg. 2012
- NFC: berechnet
- Proteinlöslichkeit: berechnet (Rohproteinfraktion A+B1)
- Reinprotein: Hausmethode LKS FMUAA 140

- UDP: Hausmethode LKS FMUAA 140 (PNDF, Fraktion A, B1, B2, B3, C: LICITRA et al., 1996; Berechnung UDP 2, UDP 5, UDP 8 nach SHANNACK et.al (2000))
- Blausäure
 - o Glaubitz: LUFA Methodenbuch
 - o Speyer: DIN EN ISO 16160
- Glukosinolate: LUFA-ITL Kiel: Methode: VO(EG) 1864/90, VIII(I2)

2.3 Bestimmung der Blausäure

Eine quantitative Bestimmung der Blausäurewerte bzw. -gehalte kann mittels verschiedener Methoden erfolgen. Die beauftragen Labore „PetroLab“ in Glaubitz in Zusammenarbeit mit der LKS in Lichtenwalde und dem Labor „LUFA“ in Speyer arbeiten nach der Methode DIN EN ISO 16160. Das Labor „PetroLab“ in Glaubitz bzw. die „LKS“ Lichtenwalde geben zudem noch das VDLUFA Methodenbuch III, 16.3.3 (photometrische Methode) mit an.

VDLUFA (Methodenbuch III)

Die beide im VDLUFA-METHODENBUCH, Band III (Futtermitteluntersuchung, 6. Erg. 2006) des VDLUFA-Verlags, Darmstadt (Punkt 16.3.1, ff.) näher beschrieben Methoden dienen der Bestimmung des Gehaltes an freier und in Glykosiden gebundener Blausäure in Futtermitteln. Man unterscheidet hier:

- photometrische Methode (geringere Konzentrationen)
- argentometrische (amtliche) Methode

Die jeweilige Methode wird nach der erwarteten HCN-Konzentration (Name: Cyanwasserstoff oder Blausäure) herangezogen. Die photometrische Methode empfiehlt sich nach dem Methodenbuch III zwischen 0,04 µg HCN/ml bis 20 mg HCN/kg, die argentometrische Methode > 20mg HCN/kg. Sollte ein Wert < 0,04 µg HCN/ml erwartet werden, ist lt. dem VDLUFA Methodenbuch III die zur Bestimmung von Sulfiten beschriebene Apparatur nach REITH, J.F. und WILLEMS, J.J.L. (1958) zu empfehlen.

DIN EN 16160:2012-05

Diese Methode bzw. europäische Norm dient zur Bestimmung von gebundener und freier HCN in Futtermitteln pflanzlichen Ursprungs (Rohstoff) mittels HPLC (Hochleistungsflüssigchromatographie). Diese Norm empfiehlt sich von 10 mg HCN/kg bis 350 mg HCN/kg, ist für diese Werte respektive validiert. Die Bestimmungsgrenze liegt bei 2 mg HCN/kg, dieser Wert sollte seitens des jeweiligen Labors mindestens erreicht werden. Wie bereits in Abschnitt 2.18 näher erläutert, kommt Blausäure in Futtermitteln in Form von cyanogenen Glykosiden vor. Hier setzt diese Methode mit der Extrahierung und Isolation mittels saurer bzw. aufbereiteter Lösungen an, um die in den cyanogenen Glykosiden gebundene Blausäure freizusetzen und per HPLC genauer bestimmen zu können.

3 Mikrowellen

Im Verlauf der Untersuchungen wurden 2 verschiedene Systeme der Mikrowellen geprüft. Die wesentlichen Ergebnisse aus den Analysen der Futtermittel stammen aus den Analysen der ROSOMA-Mikrowelle, welche dann auch in den Versuchen mit

den Läufern und den Mastschweinen eingesetzt wurden. Zu einem späteren Zeitpunkt musste die ROSOMA-Anlage auch aufgrund der Erfahrungen aus den Untersuchungen zurück zum Entwickler. Danach wurden 2 Industrie-Mikrowellen angeschafft, mit denen der Raps für den Fütterungsversuch bei den Milchkühen behandelt wurde. Einen Überblick über beide Maschinen gibt Abbildung 1.



Abbildung 1: beide Mikrowellen im bildlichen Vergleich (links die ROSOMA-Maschine und rechts die neuen Industrie-Mikrowellen)

3.1 Technologische Kennzahlen der ROSOMA-Mikrowelle

Für das Entwicklungsvorhaben wurde der Prototyp einer kontinuierlich arbeitenden Mikrowellenanlage mit einer geplanten Leistung von 20 kW und bis zu 500 kg kontinuierlich behandeltem Produkt je Stunde genutzt. Diese Anlage wurde in einem deutschen Maschinenbauunternehmen (ROSOMA) entwickelt und auch während der Projektlaufzeit mit den Kollegen der Firma sehr gut weiterentwickelt. Zu Beginn der Untersuchungen musste bei den feinkörnigen Rapssamen sehr oft ein Austreten von Samen vom Band der Mikrowelle beobachtet werden, was teilweise zu Bränden in der Anlage führte. Auch musste das Band aufgrund der nicht zu erwartenden hohen Belastung gewechselt werden. Problematisch erschien die Messung der Temperatur am Ende des Durchlaufes der Produkte, was eine standardisierte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sehr erschwerte.

Bei den Futtermitteln wurde während der Behandlung mittels der ROSOMA-Mikrowelle stichprobenartig die Durchflussmenge der zu behandelnden Produkte bei den verschiedenen Temperaturstufen gemessen. So konnte bei den Rapssamen eine mittlere Durchflussmengen von 46 kg je Stunden ermittelt die, wobei mit zunehmender Temperatur der Samen nach der Behandlung die Menge je Zeiteinheit vermindert wurde (Tabelle 5). Die geplanten Mengen von bis zu 500 kg je Stunde konnten jedoch nicht erreicht werden, was die Erzeugung größerer Mengen an Produkten für die geplanten Versuche erschwerte. Hier sollten andere technische Möglichkeiten gefunden werden, um für die industrielle Produktion auch eine passende Maschine bereitstellen zu können.

Tabelle 5: Durchflussmengen der einzelnen Futtermittel (kg/h)

Temperatur	90 °C	95 °C	100 °C	105 °C	110 °C	115 °C	120 °C
Rapssamen	52		48		n.e.	37	
Öllein		n.e.		n.e.			
Erbsen				62	n.e.		
Ackerbohnen				96	n.e.		
Süßlupinen				86			
Sojabohnen				66			

Die erzielte Temperatur an der Oberfläche der Produkte nach dem Austritt aus der Mikrowelle wird durch die Bandgeschwindigkeit und die Schichtdicke beeinflusst. So wurde beispielsweise bei der Rapsbehandlung immer eine Schichtdicke von 7 mm auf den Bändern erreicht, wobei die Bandgeschwindigkeiten mit steigenden Temperaturen vermindert sein mussten (Tabelle 6). Die geplanten Variationen in der Schichthöhe und der Temperatur konnten damit nicht durchgeführt werden und sollten in den Auswertungen sowie Ableitungen berücksichtigt werden.

Tabelle 6: Schichtdicke (mm) und Bandgeschwindigkeit (m/min)

Temperatur	90 °C	95 °C	100 °C	105 °C	110 °C	115 °C	120 °C
Rapssamen	7 / 2,9		7 / 2,3		7 / 2,2	7 / 2,0	
Öllein		10 / 1,5		10 / 1,3			
Erbsen				10 / 2,0	10 / 1,8		
Ackerbohnen				14 / 1,2	14 / 0,9		
Süßlupinen				10 / 1,3			
Sojabohnen				10 / 1,8			

Für ausgewählte Futtermittel wurde nach dem Austritt der Futtermittel aus der Mikrowelle und der anschließenden Lagerung in Papiersäcken die Temperatur der Materialien im Intervall von 5 Minuten bis 1 Stunde nach der Behandlung gemessen. Bei den Erbsen zeigte sich, dass bei einer Behandlung bei 105 °C nach 1 Stunde noch mittlere Temperaturen von 90 °C vorzufinden waren (Abbildung 2). Innerhalb der ersten Stunde nach der Behandlung vermindert sich bei beiden dargestellten Varianten die Temperatur um im Mittel 15 °C. Für die Variante bei den Erbsen mit 105 °C konnten 4 Stunden nach der Behandlung noch Temperaturen von durchschnittlich 66 °C und 8 Stunden nach der Behandlung von im Mittel 47 °C nachgewiesen werden. Selbst 18 Stunden nach Austritt aus der Mikrowelle und der Lagerung in den Papiersäcken konnten mittlere Temperaturen von 26-33 °C dokumentiert werden.

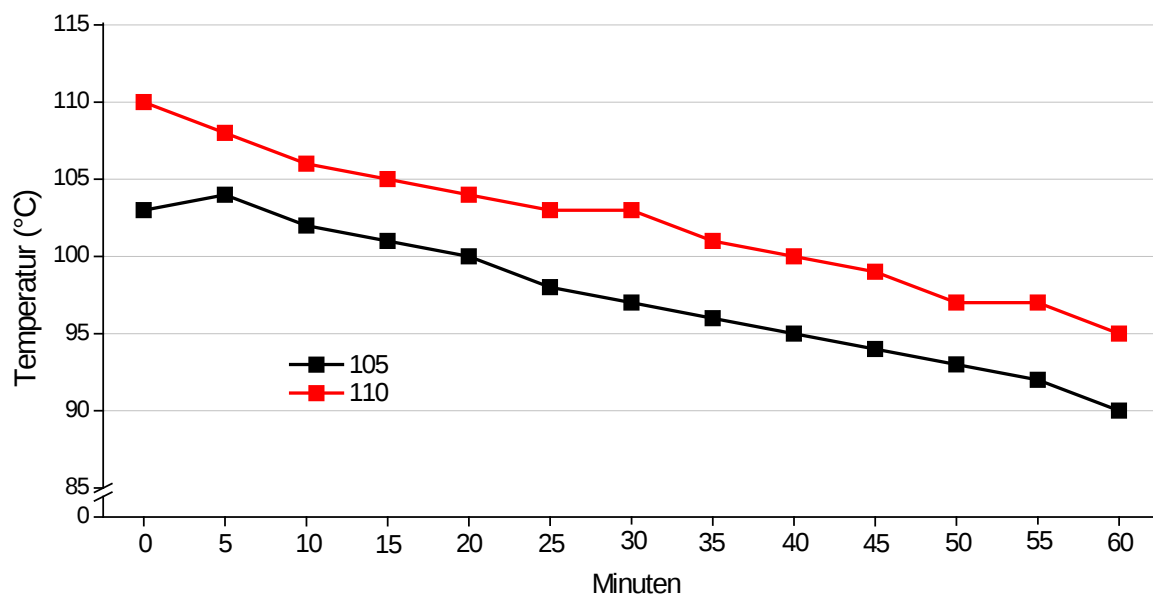


Abbildung 2: Temperaturverlauf bei den Erbsen nach der Mikrowellen-Behandlung

Für die Rapssamen wurden die beiden Temperaturstufen 100 °C sowie 115 °C ausgewählt. Im Gegensatz zu den Erbsen verläuft die Kurve der Temperaturen beim Raps wesentlich flacher. Bei einer gemessenen Temperatur von 116 °C direkt nach der Behandlung mittels Mikrowelle konnten 60 Minuten später immer noch mittlere Temperaturen von 112 °C ermittelt werden. Ein vergleichbarer Verlauf zeigt sich auch bei der 100 °C-Variante für den Rapssamen (Abbildung 3).

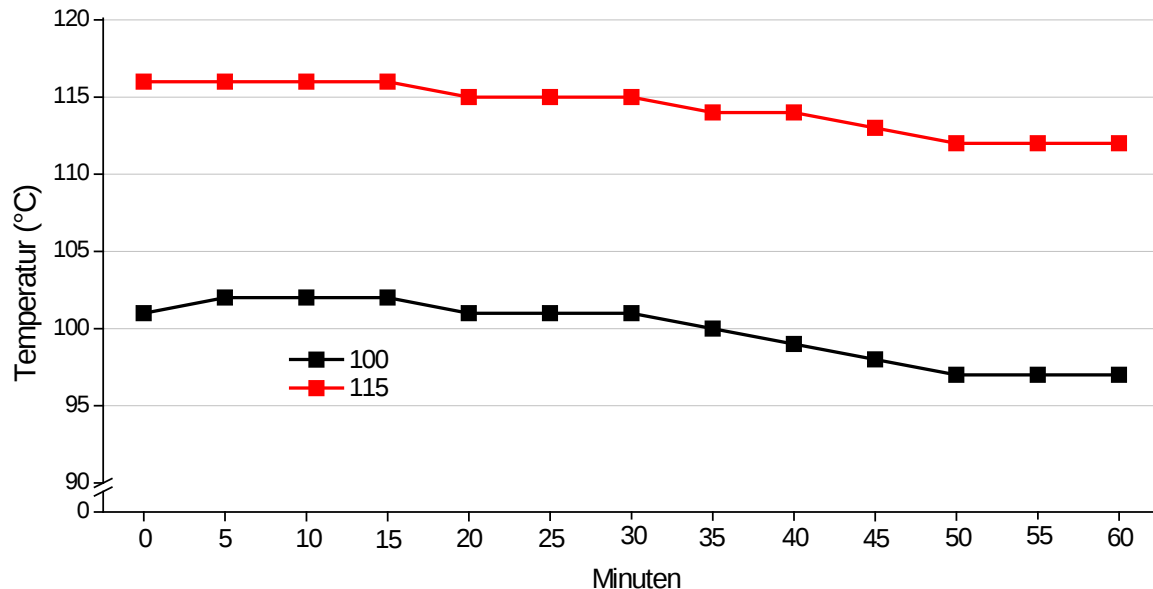


Abbildung 3: Temperaturverlauf beim Rapssamen nach der Mikrowellen-Behandlung

3.2 Technologische Kennzahlen der Industrie-Mikrowelle

Die geprüften Industrie-Mikrowellen weisen eine Leistung von jeweils 3.200 W auf, welche durch 4 Megatrone mit je 800 Watt erreicht werden (2 Stück über dem Futter und 2 Stück unter dem Futter). Eine Steuerung der Temperatur in den Produkten kann nur über die Zeitdauer der Behandlung in der Anlage erreicht werden. Im Garraum steht ein Volumen von etwa 44 Liter zur Verfügung.

In der Industrie-Mikrowelle werden je Stunde bei einer Verweildauer der Rapssamen in der Anlage von durchschnittlich 20 Minuten etwa 72 kg erzeugt (Tabelle 7). Für die anderen Futtermittel wurden die Erfassungen nicht durchgeführt.

Tabelle 7: produzierte Mengen der einzelnen Futtermittel (kg/h) mit 2 Anlagen

Temperatur	90 °C	95 °C	100 °C	105 °C	110 °C	115 °C	120 °C
Rapssamen			72	72			
Öllein							
Erbsen			n.e.				
Ackerbohnen							
Süßlupinen					n.e.		
Sojabohnen							

In der Industrie-Mikrowelle kann die Zeitdauer der Behandlung nur über die Verweildauer der Materialien in der Anlage gesteuert werden, wobei zum Beispiel für

das Erreichen von 105 °C beim Rapssamen 20 Minuten benötigt werden (Tabelle 8). Stichprobenartig wurden die Daten für die Erbsen und die Lupinen mit erfasst. Die anderen Futtermittel wurden aufgrund der Kapazitäten nicht geprüft.

Tabelle 8: Schichtdicke (mm) und Verweildauer (min) bei der Industrie-Mikrowelle

Temperatur	90 °C	95 °C	100 °C	105 °C	110 °C	115 °C	120 °C
Rapssamen	20 / 15		20 / 18	20 / 20		20 / 24	20 / 26
Öllein							
Erbsen			20 / 20				
Ackerbohnen							
Süßlupinen					20 / 20		
Sojabohnen							

4 Ergebnisse

4.1 Futtermittelanalysen aus der ROSOMA-Mikrowelle

4.1.1 Erbsen bei 105 °C Behandlung

Bei den Erbsen mit einer Behandlungstemperatur von 105 °C konnte eine Erhöhung des Trockenmassegehaltes von 88 % auf 90 % nach der Mikrowelle sowie auf 91 % nach der langsamen Abkühlung beobachtet werden. Es konnte eine signifikante Erhöhung des mittleren Gehaltes an Rohprotein von 21 % auf 22 % ermittelt werden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	878 ± 1	34 ± 2	211 ^a ± 5	71 ± 17	22 ± 5	507 ± 22
Abkühlung	897 ± 4	34 ± 1	215 ± 7	67 ± 12	20 ± 4	517 ± 9
Lagerung	912 ± 3	33 ± 1	220 ^b ± 3	79 ± 10	21 ± 7	497 ± 11

Für die Detergetienfasern der Erbsen zeigte sich eine Verminderung von 8 g je kg TM im Ausgangsmaterial auf 3 g je kg TM nach der langsamen Abkühlung in den Papiersäcken. Der Gehalt an NDF und ADF wurde nicht verändert (Tabelle 10).

Tabelle 10: Ergebnisse der Detergentien bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	212 ± 75	203 ± 44	105 ± 7	8 ± 6	522 ± 71
Abkühlung	179 ± 32	221 ± 28	94 ± 12	4 ± 4	553 ± 26
Lagerung	211 ± 56	251 ± 37	103 ± 13	3 ± 3	516 ± 51

Die Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C führte bei den Erbsen zu einer signifikanten Verminderung der Proteinlöslichkeit von 52 % im Ausgangsmaterial auf durchschnittlich 33 % nach der Behandlung (Tabelle 11). Der Gehalt an Reinprotein lag dabei im Mittel bei 21 % und zeigte keine signifikante Beeinflussung durch die Behandlung der Erbsen mittels Mikrowelle. Dagegen konnte das nutzbare Rohprotein (nXP) signifikant erhöht werden.

Tabelle 11: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und des nXP bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	52 ^a ± 6	208 ± 4	175 ^a ± 7
Abkühlung	34 ^b ± 6	205 ± 3	181 ± 5
Lagerung	33 ^b ± 4	210 ± 6	190 ^b ± 8

Der Gehalt an UDP zeigte bei allen kalkulierten Passageraten (2 %, 5 % und 8 %) eine signifikante Steigerung der mittels Mikrowelle behandelten Materialien gegenüber dem Ausgangsmaterial (Tabelle 12). Aufgrund der Berechnungsformel ergeben sich beim Gehalt an UDP 2 und UDP 5 negative Werte für die Erbsen im Ausgangsmaterial, was bei der Bewertung der Ergebnisse zu beachten ist.

Tabelle 12: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	-6 ^a ± 5	-3 ^a ± 6	3 ^a ± 5
Abkühlung	5 ^b ± 4	12 ^b ± 5	18 ^b ± 5
Lagerung	12 ^b ± 5	18 ^b ± 6	24 ^b ± 6

Die Ergebnisse der Fraktionierung des Rohproteins sind in Abbildung 4 dargestellt. Hier zeigten sich deutlich die Verminderungen der Fraktion B1 und eine Erhöhung der Fraktion B2 bei den behandelten Materialien gegenüber dem Ausgangsmaterial.

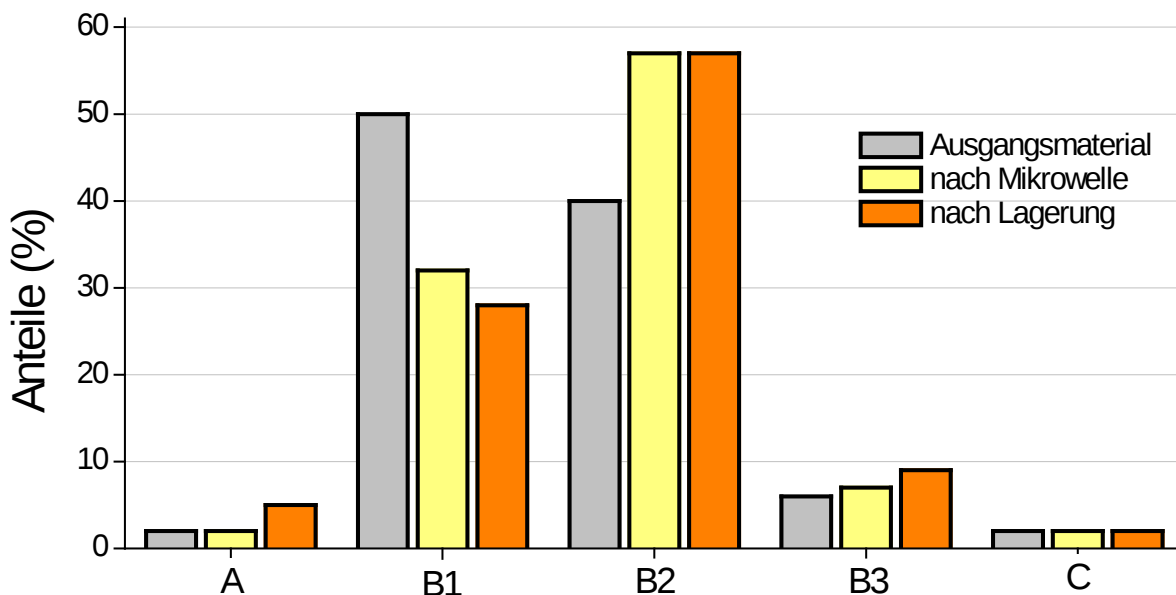


Abbildung 4: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

4.1.2 Erbsen bei 110 °C Behandlung

Die Mikrowellenbehandlung der Erbsen bei 110 °C führte zu einer Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Erbsen. Signifikante Veränderungen bei den wichtigsten Rohnährstoffen konnten dagegen nicht beobachtet werden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	878 ± 1	35 ± 1	209 ± 6	84 ± 8	18 ± 1	520 ± 14
Abkühlung	904 ± 2	34 ± 1	217 ± 2	73 ± 1	17 ± 1	507 ± 7
Lagerung	924 ± 5	34 ± 1	220 ± 7	79 ± 2	16 ± 1	504 ± 3

Der Gehalt an NDF wurde durch die Behandlung mittels Mikrowelle erst nach der langsamen Abkühlung von durchschnittlich 20 % auf 27 % signifikant erhöht. Die Werte für ADF und ADL blieben auf einem vergleichbaren Niveau, wobei der Gehalt an Nichtfaser-Kohlenhydraten (NFC) nach der langsamen Abkühlung von im Mittel 53 % auf 46 % vermindert wurde (Tabelle 14). Untersuchungen von STEIN und BOHLKE (2007) belegen dagegen in Rationen mit hohen Anteilen Erbsen (85 %) einen geringeren Gehalt an NDF bei einem vergleichbaren ADF-Gehalt.

Tabelle 14: Ergebnisse der Detergentien bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	204 ^a ± 13	194 ± 45	103 ± 8	2 ± 1	534 ^a ± 13
Abkühlung	198 ^a ± 17	203 ± 50	99 ± 7	3 ± 1	534 ^a ± 16
Lagerung	266 ^b ± 10	251 ± 62	105 ± 6	3 ± 1	464 ^b ± 14

Die mittlere Proteinlöslichkeit in den Erbsen verminderte sich durch die Behandlung mit 110 °C von 47 % signifikant auf 25 % nach der Mikrowelle (schnelle Abkühlung) sowie 22 % nach der langsamen Abkühlung. Dagegen konnte eine signifikante Erhöhung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein (nXP) von 18 % auf 21 % nach der langsamen Abkühlung beobachtet werden (Tabelle 15).

Tabelle 15: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinprotein und des nXP bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	47 ^a ± 2	209 ± 6	178 ^a ± 1
Abkühlung	25 ^b ± 2	215 ± 1	193 ± 7
Lagerung	22 ^b ± 2	215 ± 2	210 ^b ± 10

Die UDP-Gehalte der Erbsen werden durch die Mikrowellenbehandlung bei im Mittel 110 °C signifikant erhöht (Tabelle 16). Dabei zeigte sich deutlich, dass bei der höchsten kalkulierten Passagerate von 8 % im Mittel ein Gehalt an UDP von 37 % nachgewiesen werden konnte. Insgesamt konnte aber eine Erhöhung des Anteils an pansenstabilem Rohprotein durch die Behandlung mittels Mikrowelle nachgewiesen werden. Bei der Bewertung der Ergebnisse sind aber wieder die negativen Werte für UDP bei 2 % und 5 % Passagerate zu beachten.

Tabelle 16: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	-7 ^a ± 6	-2 ^a ± 5	5 ^a ± 5
Abkühlung	10 ± 7	18 ^b ± 6	25 ^b ± 5

Lagerung	$23^b \pm 8$	$31^b \pm 7$	$37^b \pm 6$
----------	--------------	--------------	--------------

Die Ergebnisse der Fraktionierung des Rohproteins (XP) deuten wieder eine Verminderung der B1-Fraktion und eine Erhöhung des Anteiles der Fraktion B2 an. Auch die B3-Fraktion steigt systematisch an (Abbildung 5).

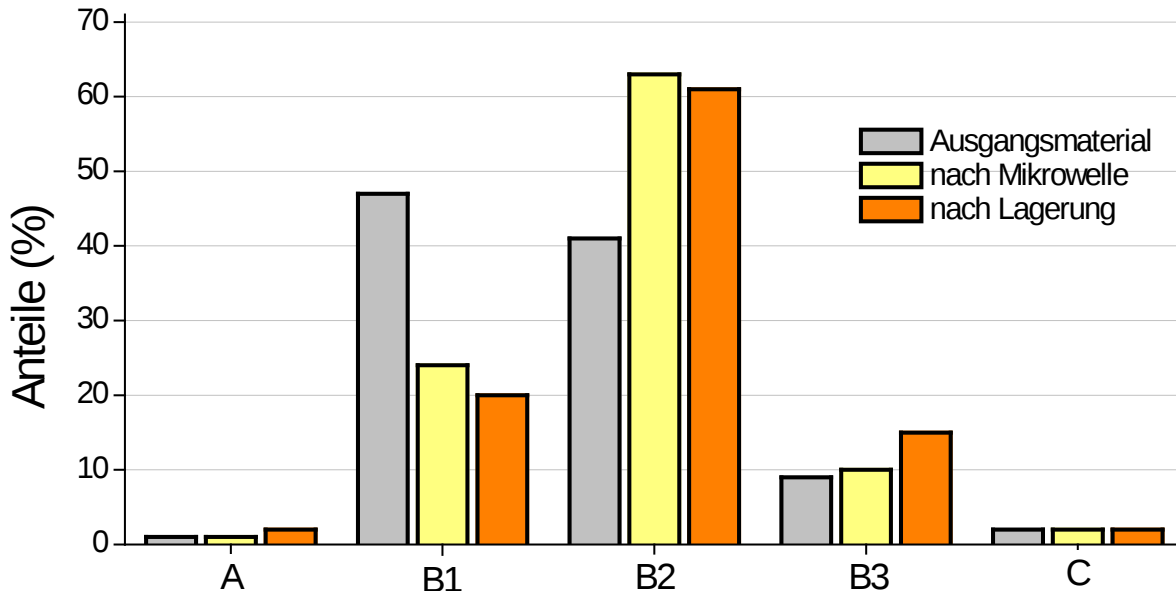


Abbildung 5: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

4.1.3 Öllein

Beim Öllein ist die signifikante Erhöhung des Gehaltes an Rohfett (XL) bei einer Steigerung des Gehaltes an Stärke (XS) zu beachten. Diese höheren Gehalte könnten durch die signifikante Verminderung an Rohfaser im Öllein mittels Mikrowellen-Behandlung hervorgerufen bzw. umgesetzt worden sein. Inwieweit Veränderungen in der Zusammensetzung des Öles, wie bei CHOO et al. (2007) beschrieben, aufgetreten sind, wurde in den vorliegenden Untersuchungen nicht analysiert. Der Anteil an Rohprotein bleibt durch die Behandlung mittels Mikrowelle unbeeinflusst (Tabelle 17), wobei der mittlere Gehalt von 220 g/kg TM gegenüber den Angaben der DLG-Futterwerttabelle mit im Mittel 248 g/kg TM geringer erscheint. Dagegen sind die Rohöl-Gehalte im Ausgangsmaterial mit durchschnittlich 425 g je kg TM auf einen höheren Niveau als bei den DLG-Futterwerttabellen mit 365 g je kg TM (DLG, 2015).

Tabelle 17: Ergebnisse der Nährstoffanalyse des Öllein (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	$931^a \pm 1$	36 ± 1	220 ± 1	$185^a \pm 20$	$425^a \pm 18$	134 ± 3
Abkühlung	961 ± 5	36 ± 1	220 ± 1	150 ± 37	$459^b \pm 15$	135 ± 23
Lagerung	$964^b \pm 5$	36 ± 1	219 ± 1	$128^b \pm 23$	$465^b \pm 9$	152 ± 20

Im Ausgangsmaterial des Leinsamens konnten mittlere Gehalte an NDF von 359 g je kg TM sowie ADF von 215 g je kg TM ermittelt werden. Nach der Behandlung mittels

der Mikrowelle zeigte sich eine Verminderung der Gehalte auf (Abbildung 6), die jedoch nicht statistisch gesichert werden konnten. Erst nach der Lagerung der behandelten Produkte konnte eine signifikante Verminderung der NDF- sowie ADF-Werte beobachtet werden. Auch der ADL-Gehalt verminderte sich von 149 g je kg TM im Ausgangsprodukt auf 101 g je kg TM nach der Mikrowelle auf dann signifikant auf 79 g je kg TM nach der Lagerung (weitere Einwirkung der Wärme). Diese Verminderung der Strukturkohlenhydrate könnte für den Einsatz der Mikrowellen-behandelten Leinsamen bei Schweinen und Aufzuchtkälbern sprechen und sollte für Spezialprodukte bei diesen Tierkategorien geprüft werden.

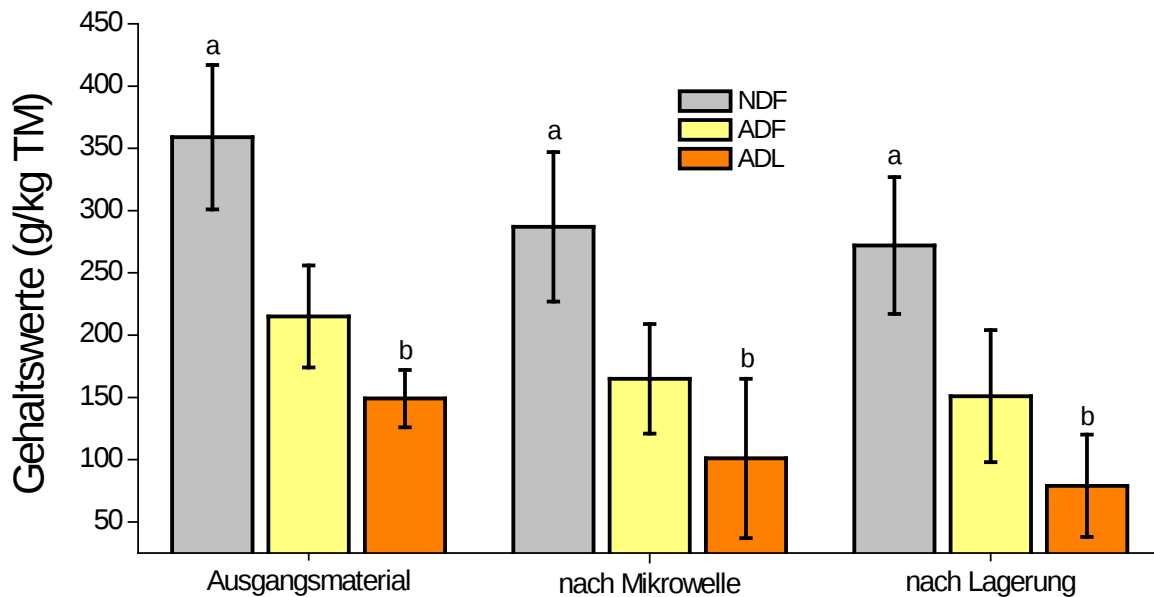


Abbildung 6: Gehalte an NDF, ADF sowie ADL im Verlauf der Behandlungen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

Durch die Behandlung mittels Mikrowelle konnte eine signifikante Erhöhung des Energiegehaltes im Öllein von 10,5 MJ NEL je kg TM (DLG-Futterwerttabelle 10,7 MJ NEL je kg TM) auf durchschnittlich 11,2 MJ NEL je kg TM nach der Lagerung nachgewiesen werden (Tabelle 18). Bei vergleichbaren Gehalten an nutzbarem Rohprotein und einer unveränderten ruminalen Stickstoffbilanz konnten kleine Veränderungen im Gehalt an pepsinunlöslichem Rohprotein beobachtet werden, die jedoch nicht statistisch gesichert werden konnten und auch keine wesentliche Veränderung des Futtermittels Öllein hervorrufen würden. Gegenüber den Angaben der DLG-Futterwerttabelle mit 127 g nXP je kg TM sind die 10 % in den eigenen Untersuchungen etwas geringer (bei auch gleichzeitig geringeren Gehalten an Rohprotein). Für den Gehalt an Blausäure (LUFA Speyer) zeigte sich jedoch, dass es zu einer Erhöhung des mittleren Gehaltes durch die Mikrowellenbehandlung von 61 mg je kg TM kam und damit die Grenzwerte erreicht werden. Nach der aktuellen Futtermittel-Verordnung darf im Leinsamen ein maximaler Gehalt von 250 mg je kg Frischmasse enthalten sein.

Tabelle 18: Energiegehalte und weitere Gehalte des Öllein (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	MJ NEL	nXP (g/kg TM)	RNB (g/kg TM)	Pepsinunl. XP (Prozent)	Blausäure (mg/kg TM)
Ausgang	10,5 ^a ± 0,3	102 ± 1	19 ± 1	11 ± 2	187 ^a ± 14
Abkühlung	11,0 ^b ± 0,4	101 ± 2	19 ± 1	10 ± 1	248 ^b ± 25

Lagerung	$11,2^b \pm 0,2$	102 ± 3	19 ± 1	13 ± 5
----------	------------------	-------------	------------	------------

In den Untersuchungen von IVANOV et al. (2012) konnte eine Verminderung des Gehaltes an Blausäure mit zunehmender Zeitdauer der Behandlung mittels Mikrowelle nachgewiesen werden (Abbildung 7). Es zeigte sich aber auch, dass die Verminderung erst nach mehr als 2 Minuten Behandlung einsetzte, wobei in den eigenen Untersuchungen diese Zeit eher nicht für die Behandlung benötigt wurde.

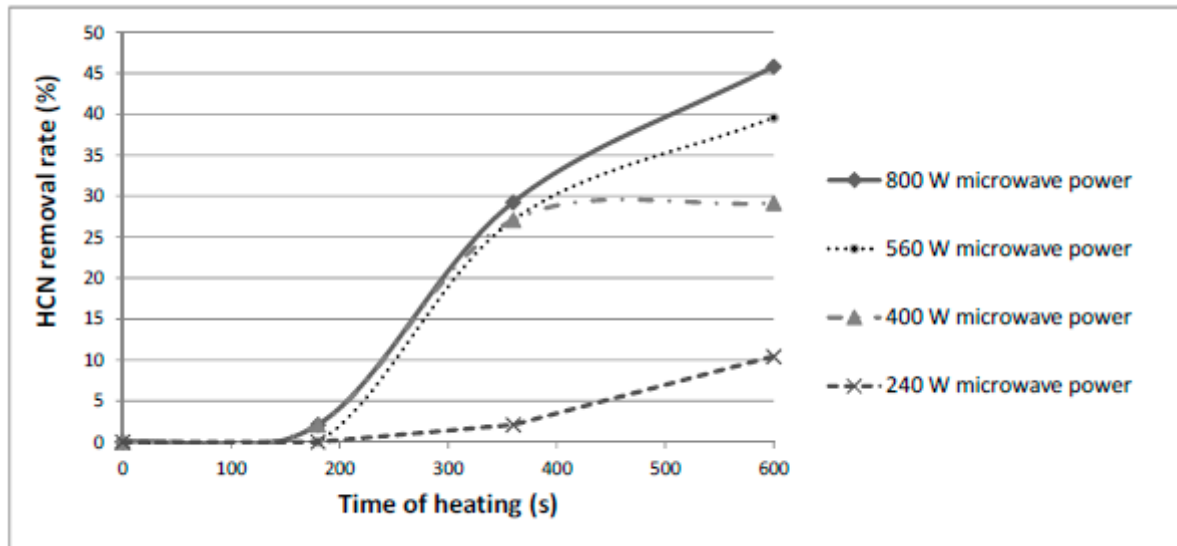


Abbildung 7: Zeitdauer der Behandlung mittels Mikrowelle und Verminderung des Gehaltes an HCN (nach IVANOV et al., 2012)

Als Optimum leiten IVANOV et al. (2012) eine Behandlung der Leinsamen mit 290 Sekunden (4 Minuten und 50 Sekunden) bei einer Leistung der Mikrowelle von 400 Watt ab. Die Linien zeigen sehr deutlich (Abbildung 8), dass eine Reduzierung der Blausäure im Leinsamen unter 250 mg je kg Futter entweder bei einer höheren Leistung sehr viel schneller gehen muss oder eine längere Behandlungsdauer mit geringerer Mikrowellen-Leistung durchgeführt werden sollte.

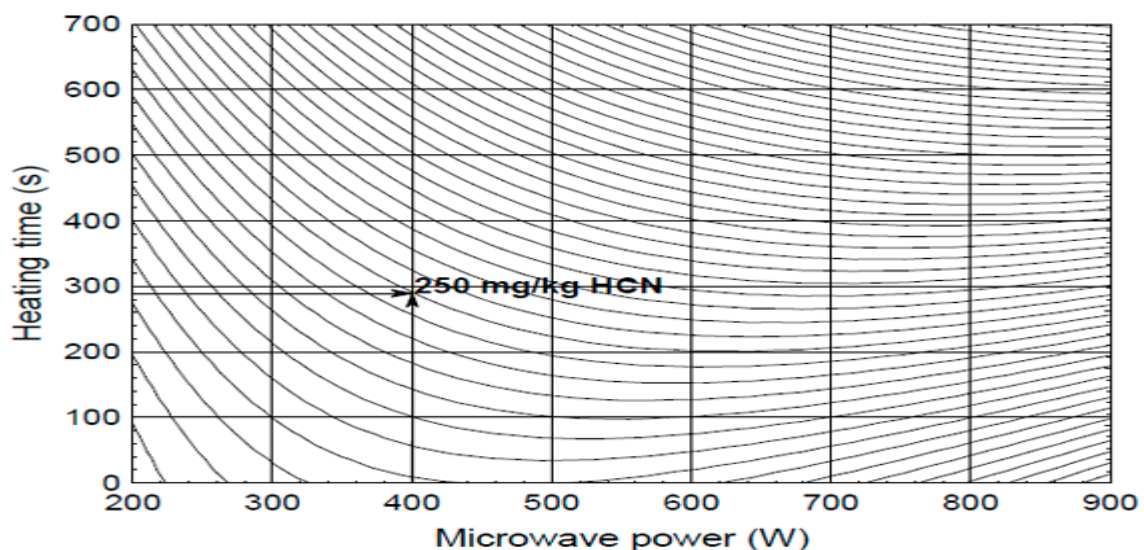


Abbildung 8: Optimale Mikrowellen-Stärke und Temperatur zur Reduzierung des Gehaltes an HCN (nach IVANOV et al., 2012)

Die zunehmende Freisetzung der Blausäure in den eigenen Untersuchungen könnte an der signifikanten Verminderung der Rohfaser oder der NDF liegen, denn nach Aussagen von SELMAR (2013) wird die HCN erst durch den direkten Kontakt der Glucoside mit den lytischen Enzymen aktiviert (Abbildung 9). Da die Enzyme außerhalb der Zelle angesiedelt sind, kommen sie nur im Falle der Zerstörung der Zellwände zusammen und können wirken. Nach der Hydrolyse entstehen dann auch die Blausäure-Bestandteile in der Zelle (SELMAR, 2013). Während der Trocknung zum Beispiel von Maniok dünstet die Blausäure aus, wenn das Produkt vorher zerkleinert wurde. Auch PADJAMA (1995) berichtet von einer deutlichen Senkung des Gehaltes an Blausäure durch das Einweichen und die anschließende Trocknung in der Sonne (natürlich Trocknung wird mit einer deutlicheren Verminderung des Gehaltes beschrieben als eine technische Trocknung). Dies sollte für weiterführende Untersuchungen an Leinsamen bei einer Behandlung mittels Mikrowellen berücksichtigt werden, um die entstehende Blausäure aus den Samen entweichen lassen zu können. In der Produktbeschreibung von GELAMIN LINUM PLUS führt NEUMANN (2011) aus: „Für einen derartigen druckhydrothermisch arbeitenden Prozess muss die Leinsaat mit einem Träger gemischt werden, der das hochwertige Leinöl absorbiert und für die Fließfähigkeit des behandelten Produktes sorgt. Diese Anforderungen werden bei GELAMIN Linum Plus durch die druckhydrothermische Behandlung mit dem patentierten OPTICON-Verfahren höchst effizient erfüllt.“ (NEUMANN, 2011). Auch hier zeigt sich sehr deutlich, dass eine technische Behandlung des Produktes Leinsamen entweder im Vorfeld oder im Nachgang der Behandlung erfolgen sollte.

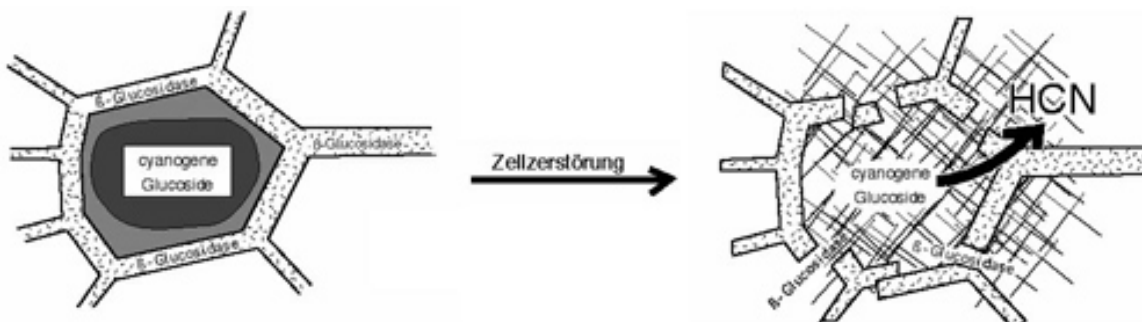


Abbildung 9: Blausäurefreisetzung nach SELMAR (2013)

Um den Effekt der hohen Gehalte an Blausäure im Öllein abzuschätzen, wurden 8 Proben von Öllein (nur das Ausgangsmaterial) in 2 Laboren auf den Gehalt an Blausäure geprüft. Hierbei zeigte sich, dass die Gehaltswerte der ersten Versuchsreihe zwischen 93 mg und 175 mg schwankten (Ergebnisse der LUFA Speyer). Die Variationen zwischen den verschiedenen Sorten zeigt Abbildung 10. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der LUFA Speyer sind die Werte des zweiten Labors nicht unbedingt vergleichbar und plausibel. Hier werden Werte von durchschnittlich 10 mg je kg Futter ausgewiesen. Die jedoch insgesamt geringen Gehalte an Blausäure in den Proben werden durch Aussagen von PROTEINMARKT (2009) bestärkt, die auch ausführen, dass in den Ausgangsprodukten die gesetzlichen Höchstgrenzen immer unterschritten werden.

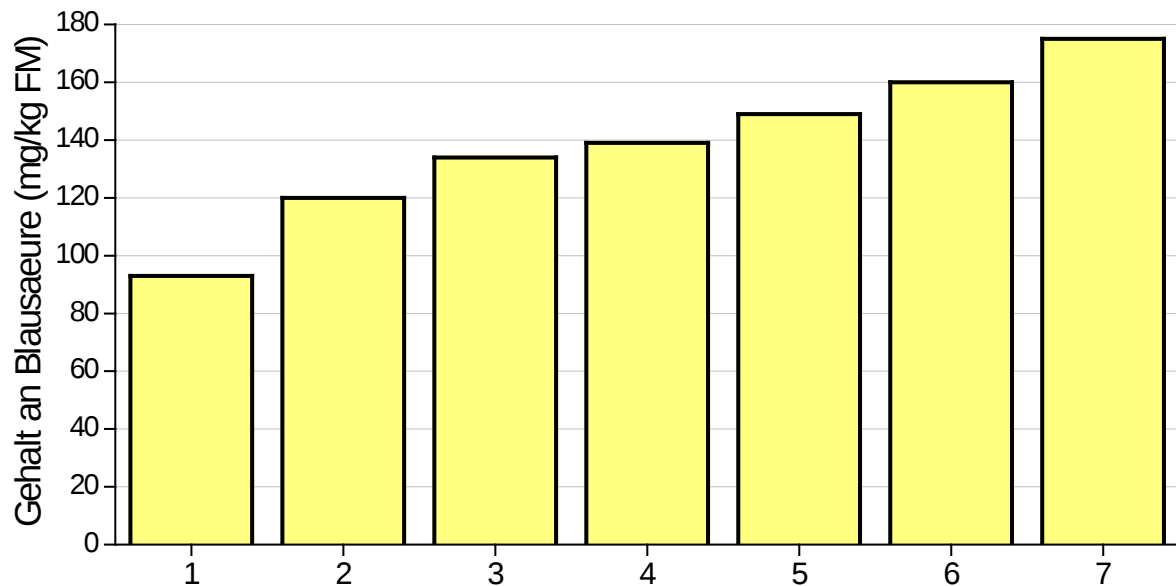


Abbildung 10: Gehalte an Blausäure in verschiedenen Sorten

Für weiterführende Untersuchungen wäre die Auswahl von Leinsamen-Sorten mit geringen Gehalten an Blausäure anzuraten, wobei das Anbaujahr anscheinend einen gewissen Einfluss auf die Höhe der Blausäure-Gehalte ausübt. Auch könnte über andere Temperaturstufen nachgedacht werden, wobei die Auswirkungen auf Veränderungen des Öls zu beachten sein könnten (Untersuchungen von OBERNDORFER und LÜCKE (1999) geben eine maximale Temperatur bei ölhaltigen Samen von 100 °C an, damit es keine Schädigungen des Öls in den Samen geben kann). Weiterhin müsste geprüft werden, inwieweit eine technische Behandlung im Vorfeld (z.B. ein Cracker im Dosierer auf das Band der Mikrowelle) oder nach der Behandlung mittels Mikrowelle ein Verdampfen der Blausäure besser zu ermöglichen. Außerdem sollte eine möglichst zeitnahe Einarbeitung der behandelten Leinsamen (nach einer technischen Abkühlung) in das zu erzeugende Produkt erfolgen.

4.1.4 Sojabohnen

Neben der Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Sojabohnen durch die Behandlung mit der Mikrowelle zeigten sich keine signifikanten Veränderungen in den wesentlichen Gehalten an Rohnährstoffen (Tabelle 19). Es zeigte sich aber eine geringfügige Erhöhung des Stärkegehaltes in den Sojabohnen von 10 % im Ausgangsmaterial auf durchschnittlich 13 % nach der Lagerung.

Tabelle 19: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Sojabohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	896 ± 2	59 ± 2	337 ± 16	75 ± 13	224 ± 6	102 ± 16
Abkühlung	914 ± 1	63 ± 1	335 ± 20	71 ± 15	220 ± 10	121 ± 9
Lagerung	921 ± 7	60 ± 1	340 ± 3	66 ± 22	223 ± 7	130 ± 13

Die Bestimmung der Detergentien-Fasern zeigte bei den Sojabohnen keine signifikanten Veränderungen durch die Mikrowellenbehandlung auf (Tabelle 20). Bei

leicht steigenden NDF-Werten konnte eine Verminderung der Nichtfaser-Kohlenhydrate beobachtet werden.

Tabelle 20: Ergebnisse der Detergentien bei den Sojabohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	166 ± 51	177 ± 47	121 ± 27	10 ± 4	214 ± 32
Abkühlung	170 ± 72	186 ± 62	112 ± 50	14 ± 3	213 ± 44
Lagerung	185 ± 39	195 ± 39	121 ± 40	10 ± 3	193 ± 28

Bei den Sojabohnen kann durch die Behandlung mittels Mikrowelle eine signifikante Verminderung der Proteinlöslichkeit von 79 % auf durchschnittlich 42 % nach der Abkühlung sowie im Mittel auf 35 % nach der Lagerung ermittelt werden. Der Gehalt an Reinprotein und nutzbarem Rohprotein (nXP) bleiben dagegen auf einem vergleichbaren Niveau (Tabelle 21).

Tabelle 21: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und nXP bei den Sojabohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	79 ^a ± 16	336 ± 16	165 ± 22
Abkühlung	42 ^b ± 13	331 ± 17	152 ± 39
Lagerung	35 ^b ± 4	331 ± 15	166 ± 26

Durch die Mikrowellenbehandlung kann der Gehalt an Durchflussprotein bei den Sojabohnen teilweise signifikant erhöht werden (Tabelle 22). Auch hier zeigt sich, dass bei einer kalkulierten Passagerate von 8 % der Gehalt an UDP von 3 % im Ausgangsmaterial auf durchschnittlich 20 % nach der Behandlung mittels Mikrowelle und der Lagerung erhöht werden kann. Beim UDP5 ergeben sich nach der Lagerung mittlere Werte von 13 % und beim UDP 2 von durchschnittlich 4 %. Diese ermittelten Werte sind jedoch für die Versorgung der Wiederkäuer mit UDP nicht entscheidend.

Tabelle 22: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Sojabohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	0 ± 5	0 ^a ± 1	3 ^a ± 2
Abkühlung	3 ± 1	10 ^b ± 5	16 ^b ± 7
Lagerung	4 ± 4	13 ^b ± 5	20 ^b ± 5

In den Sojabohnen konnte durch die Mikrowellenbehandlung eine deutliche Reduzierung der B1-Fraktion bei einer deutlichen Erhöhung der B2-Fraktion nachgewiesen werden. NPN-Verbindungen (Fraktion A) sowie die Fraktionen B3 und C sind eher auf einem sehr geringen Niveau in den Sojabohnen vorzufinden (Abbildung 11). Vor diesem Hintergrund der vornehmlichen Verschiebung der Fraktionen aus der B1- in die B2-Fraktion sollten die Wirkungen der Mikrowelle betrachtet werden, denn beide Fraktionen gelten als „gut verwertbar“ im Pansen der Tiere und führen nicht zu einer wirklichen Verbesserung der Effekte in Bezug auf die Ernährung der Wiederkäuer.

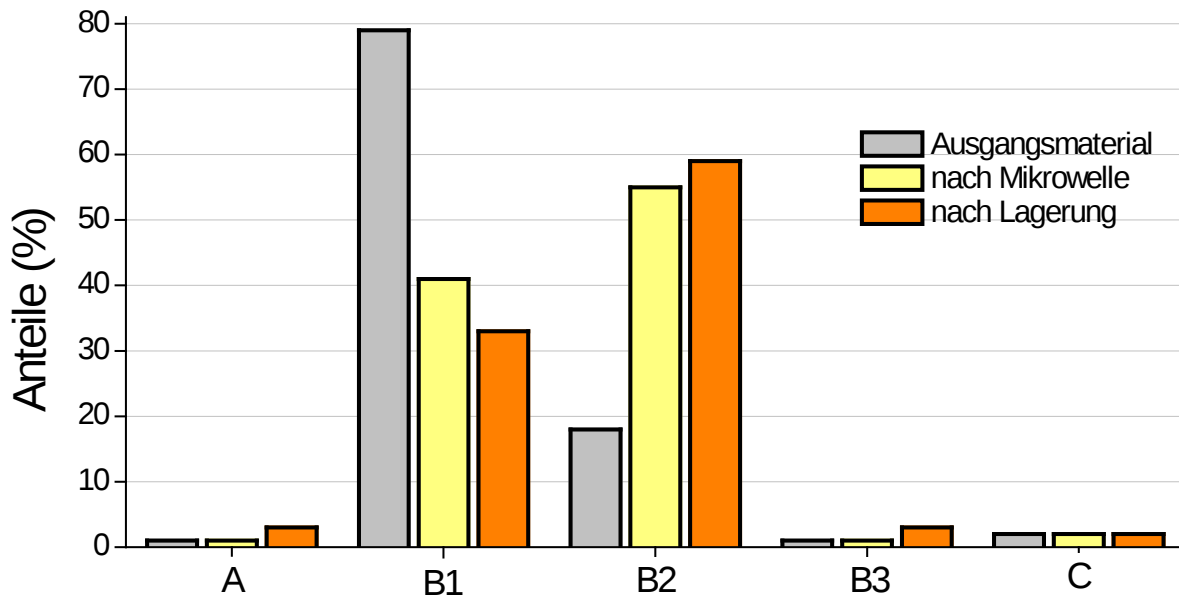


Abbildung 11: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Sojabohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

Um deutlichere Effekte bei den Sojabohnen zu erzielen, könnte die Erhöhung der Temperatur geprüft werden. Es sollte jedoch beachtet werden, dass mit zunehmender Verweildauer der Produkte in der Mikrowelle auch die Temperatur im Produkt ansteigt und zu einer Schädigung sowohl des Gehaltes an Rohfett als auch Rohprotein führen kann. Nach VIEIRA et al. (1998) sollten etwa 2 Minuten Behandlung zur Erreichung von 100 °C notwendig sein (Abbildung 12).

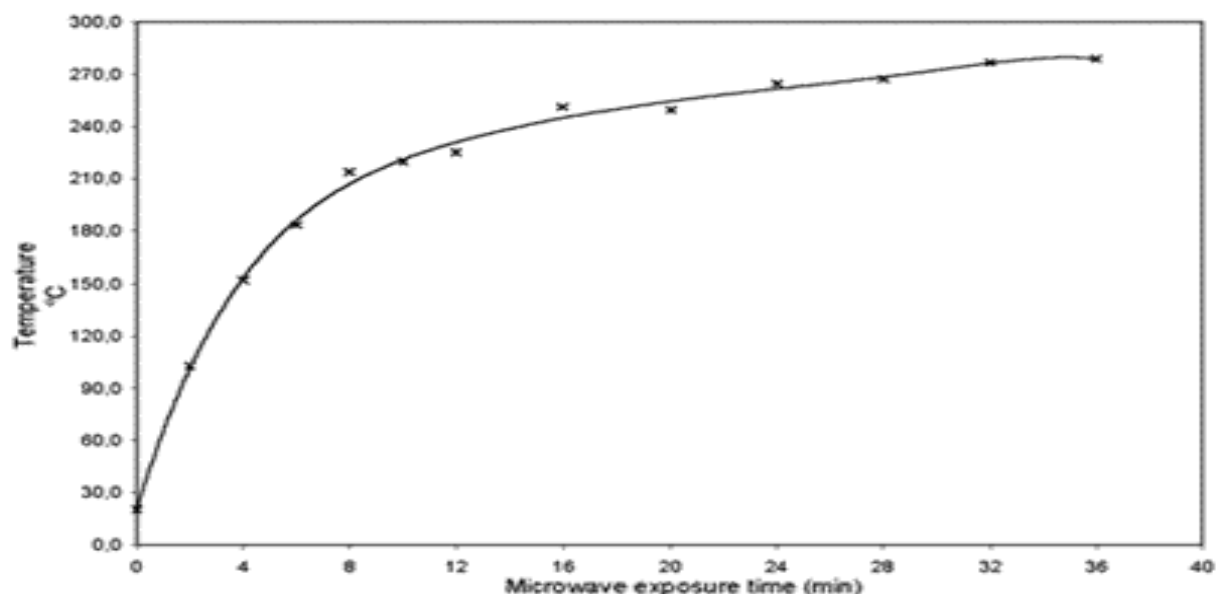


Abbildung 12: Einwirkzeit der Mikrowellen und Temperatur des Öls bei Sojabohnen (nach VIEIRA et al., 1998)

4.1.5 Lupinen

Alle Proben der Lupinen innerhalb der geprüften Behandlungsstufen wiesen eine mittlere Energiekonzentration von 8,9 MJ NEL je kg TM auf. Dagegen zeigen die Ergebnisse von PRIES et al. (2008) eine Erhöhung der Energiedichte nach einer

thermischen Behandlung der Lupinen mit 135 °C. Die Rohnährstoffe wurden durch die Behandlung mittels Mikrowelle nicht signifikant beeinflusst (Tabelle 23), auch wenn die Trockenmasse der Lupinen signifikant erhöht wurde. PRIES et al. (2008) zeigen auch eine Erhöhung der Trockenmasse und weiterhin eine Erhöhung des Rohproteins bei einer geringfügigen Verminderung des Gehaltes an Rohfaser. Vor diesem Hintergrund könnte die Behandlungstemperatur der Lupinen von 105 °C mit einer Bandgeschwindigkeit von durchschnittlich 1,3 m als zu gering eingestuft werden und die Temperatur in den Lupinen müsste in weiteren Versuchen schrittweise erhöht werden.

Tabelle 23: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Lupinen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	878 ^a ± 3	37 ± 1	345 ± 6	126 ± 12	55 ± 2	100 ± 7
Abkühlung	900 ^{bc} ± 1	38 ± 1	349 ± 7	118 ± 7	56 ± 1	113 ± 13
Lagerung	919 ^{bd} ± 3	37 ± 1	335 ± 26	118 ± 9	54 ± 3	101 ± 4

Bei den Lupinen zeigte sich nach der Behandlung mittels Mikrowelle eine signifikante Erhöhung des Gehaltes an NDF von 24 % im Ausgangsmaterial gegenüber 28 % im Material nach der Lagerung (Tabelle 24). Die Gehalte an ADF sind nach der Lagerung mit einer kontinuierlichen Abkühlung (Papiersäcke) abnehmend und die Gehalte an ADL ebenfalls. Die Nichtfaser-Kohlenhydrate (NFC) bleiben dagegen eher unbeeinflusst. Aus diesen vorliegenden Ergebnissen könnte abgeleitet werden, dass bei den Lupinen eine schnelle Abkühlung nach der Behandlung mittels Mikrowelle erfolgen sollte, um die zunehmende Steigerung der Detergentienfasern bei einem langsamen Abkühlen des Produktes möglichst gering zu halten.

Tabelle 24: Ergebnisse der Detergentien bei den Lupinen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	241 ^a ± 2	244 ^a ± 6	184 ^a ± 4	6 ^a ± 2	323 ± 5
Abkühlung	263 ^{bc} ± 23	261 ^a ± 13	184 ^a ± 8	4 ± 1	295 ± 16
Lagerung	280 ^{bd} ± 13	290 ^b ± 13	196 ^b ± 8	3 ^b ± 1	294 ± 33

Im Ausgangsmaterial konnte eine mittlere RNB von 22 g je kg TM nachgewiesen werden. In den Produkten mit einer schnellen Abkühlung nach der Mikrowelle (RNB 12 ± 22 g/kg TM) sowie nach der Lagerung (RNB 9 ± 19 g je kg TM) konnte eine signifikante Verminderung der RNB ermittelt werden. Bei einem mittleren Gehalt an Reinprotein von 328 ± 18 g je kg TM konnten zwischen den Stufen der Behandlung signifikante Unterschiede dokumentiert werden. Es zeigte sich aber eine signifikante Verminderung der Proteinlöslichkeit und eine damit einhergehende signifikante Erhöhung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein (Tabelle 25). Wie bei den Detergentienfasern beschrieben deuten die Ergebnisse der Untersuchungen auch bei der Proteinlöslichkeit und dem Reinprotein auf eine möglichst schnelle Abkühlung der Lupinen nach der Behandlung mit der Mikrowelle hin.

Tabelle 25: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinprotein und des nXP bei den Lupinen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	67 ^a ± 2	336 ^a ± 6	202 ^a ± 7
Abkühlung	42 ^b ± 7	334 ± 8	241 ^b ± 6
Lagerung	39 ^b ± 4	313 ^b ± 26	246 ^b ± 19

Bei einer kalkulierten Passagerate von 5 % konnte eine signifikante Erhöhung von 9 % im Ausgangsmaterial auf 22 % nach der Abkühlung auf durchschnittlich 26 % nach der Lagerung nachgewiesen werden. Bei den Passageraten von 2 % und auch 8 % konnten ebenfalls signifikante Steigerung des UDP-Gehaltes ermittelt werden, die jedoch in ihrer absoluten Ausprägung sehr differenziert zu betrachten sind. Für die Nutzung bei den Wiederkäuern ist diese Steigerung sehr günstig (Tabelle 26). Vergleichbare Ergebnisse lieferten auch PRIES et al. (2008).

Tabelle 26: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Lupinen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	9 ^a ± 3	9 ^a ± 3	13 ^a ± 3
Abkühlung	15 ± 1	22 ^b ± 2	27 ^b ± 3
Lagerung	19 ^b ± 4	26 ^b ± 4	31 ^b ± 5

Bei den Lupinen konnte eine Verminderung der B1-Fraktion von durchschnittlich 65 % im Ausgangsmaterial auf Werte zwischen 30 und 40 % nach der Behandlung mittels Mikrowelle beobachtet werden. Parallel dazu zeigte sich eine Erhöhung der Fraktion B2 (Abbildung 13). Auf geringem Niveau kann jedoch eine Erhöhung des Anteils an NPN-Verbindungen (Fraktion A) beobachtet werden. Vergleichbare Ergebnisse weisen PRIES et al. (2008) bei mit 135 °C behandelten Lupinen aus. Es sollte aber immer beachtet werden, dass die Methode nach SHANNACK (2004) für Lupinen nicht geeignet erscheint und es lediglich eine Verschiebung von der B1-Fraktion in die B2-Fraktion gibt, was die ausgewiesenen Gehalte an UDP in Fütterungsversuchen zu überprüfen gilt.

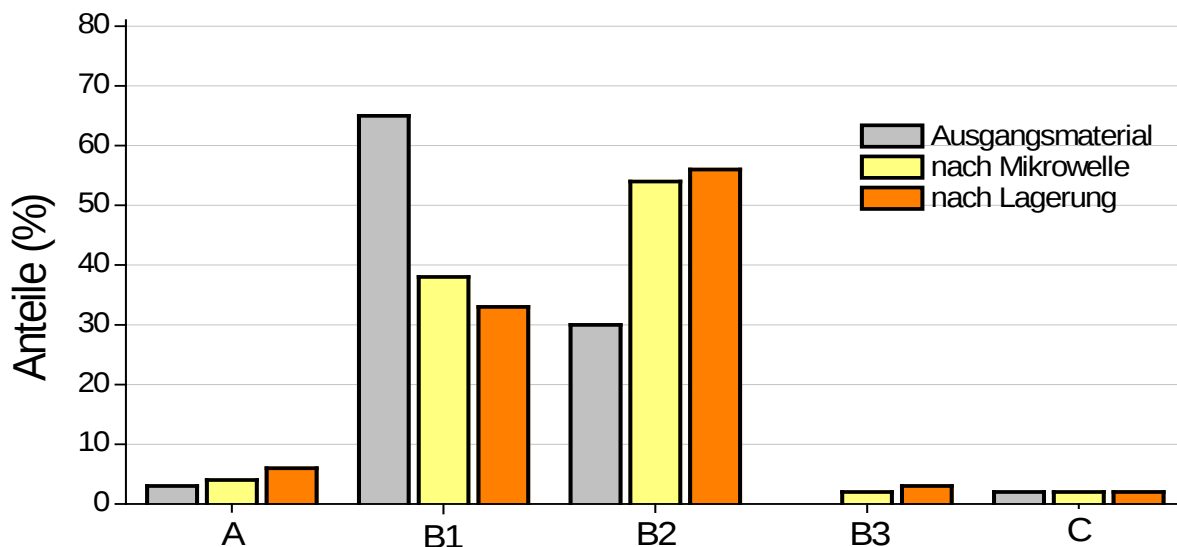


Abbildung 13: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Lupinen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

4.1.6 Ackerbohnen bei 105 °C

Die Ackerbohnen wiesen im Ausgangsmaterial eine mittlere Trockenmasse von 87 % auf, welche durch die Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C auf 89 % nach der Abkühlung sowie 90 % nach der Lagerung erhöht werden konnte. Bei den Rohnährstoffen zeigten sich keine wesentlichen Veränderungen in den Gehalten durch die Behandlung (Tabelle 27).

Tabelle 27: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	865 ± 1	35 ± 1	310 ± 17	72 ± 34	22 ± 6	460 ± 29
Abkühlung	887 ± 3	35 ± 2	303 ± 20	69 ± 18	18 ± 3	452 ± 14
Lagerung	902 ± 1	36 ± 1	303 ± 14	60 ± 11	18 ± 1	468 ± 12

Der Gehalt an NDF in den Ackerbohnen wurde im Verlauf der Behandlungen von 15 % im Ausgangsmaterial auf 18 % nach der schnellen Abkühlung auf im Mittel 21 % nach der Lagerung erhöht. Eine vergleichbare Entwicklung zeigte sich bei der physikalisch effektiven NDF. Gleichzeitig konnte eine Erhöhung des Gehaltes an ADF und ADL ermittelt werden, was zu einer Verminderung der Nichtfaser-Kohlenhydrate führte (Tabelle 28). Daraus kann abgeleitet werden, dass eine schnelle Abkühlung der Ackerbohnen nach dem Austritt aus der Mikrowelle erfolgen sollte, um weitere Effekte auf die Erhöhung der Fasergehalte zu vermeiden.

Tabelle 28: Ergebnisse der Detergentien bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	148 ± 45	181 ± 30	84 ± 33	5 ± 2	486 ± 25
Abkühlung	179 ± 61	213 ± 54	110 ± 32	9 ± 4	464 ± 38
Lagerung	205 ± 42	212 ± 62	107 ± 32	8 ± 1	439 ± 27

Für die Proteinlöslichkeit in den Ackerbohnen konnte eine signifikante Verminderung um durchschnittlich 21 % durch die Behandlung mittels Mikrowelle nachgewiesen werden, wobei es nach der Behandlung 40 % Proteinlöslichkeit waren. Der Gehalt an nutzbarem Rohprotein erhöhte sich nur unwesentlich (Tabelle 29).

Tabelle 29: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und nXP bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	61 ^a ± 4	296 ± 14	198 ± 4
Abkühlung	40 ^b ± 4	289 ± 14	213 ± 9
Lagerung	40 ^b ± 5	284 ± 17	213 ± 23

Für die Ackerbohnen (Ausgangsmaterial) konnte ein Gehalt an UDP bei einer Passagerate von 5 % von 1 % ermittelt werden. Nach der Behandlung mittels der Mikrowelle erhöhte sich dieser Anteil auf 17 % nach der schnellen Abkühlung sowie 18 % nach der Lagerung (Tabelle 30). Beim UDP5 wurde mit 17 % Steigerung auch der höchste Zuwachs an UDP durch die thermische Behandlung nach der Mikrowelle zwischen Ausgangsmaterial und dem Material nach der Lagerung nachgewiesen. Ein

für die Ernährung der Wiederkäuer ansprechend hoher UDP-Gehalt wurde jedoch nicht erreicht.

Tabelle 30: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	-2 ± 1	1 ± 2	6 ± 2
Abkühlung	11 ± 6	17 ± 6	23 ± 6
Lagerung	11 ± 11	18 ± 12	23 ± 12

Für die B1-Fraktion des Rohproteins konnte eine Verminderung des Anteils durch die thermische Behandlung mit 105 °C ermittelt werden, welche im Wesentlichen durch eine Steigerung des Anteils an der B2-Fraktion ausgeglichen wurde (Abbildung 14). Mit fast 10 % erreicht die Fraktion B3 einen relativ hohen Wert.

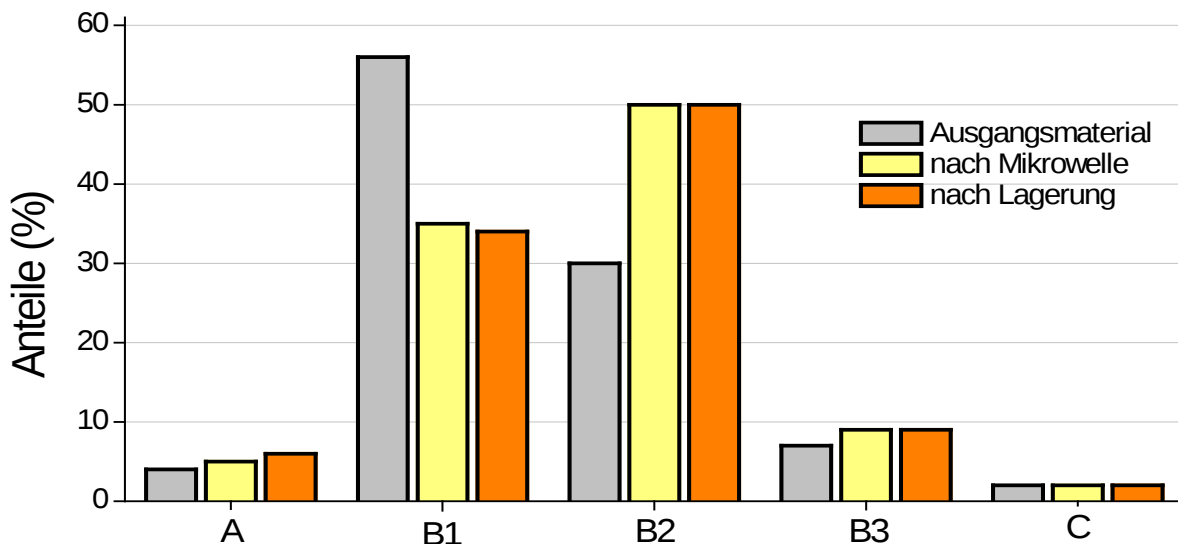


Abbildung 14: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Erbsen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 105 °C

4.1.7 Ackerbohnen bei 110 °C

Für die Behandlung bei 110 °C konnte eine Erhöhung der Trockenmasse von 87 % im Ausgangsmaterial auf durchschnittlich 95 % im Material nach der Lagerung ermittelt werden (Tabelle 31). Bei den Rohnährstoffen konnten keine signifikanten Veränderungen beobachtet werden.

Tabelle 31: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	866 ± 3	36 ± 1	309 ± 11	62 ± 13	22 ± 1	444 ± 28
Abkühlung	936 ± 2	35 ± 1	282 ± 7	95 ± 23	14 ± 5	406 ± 4
Lagerung	950 ± 2	36 ± 1	293 ± 5	80 ± 1	16 ± 2	404 ± 17

Der Gehalt an NDF im Ausgangsmaterial von 16 % konnte in den Ackerbohnen nach der Behandlung mittels Mikrowelle auf durchschnittlich 29 % sowohl bei der

schnellen Abkühlung als auch nach der Lagerung signifikant erhöht werden. Auch der Gehalt an pNDF stieg an. Bei einer gleichzeitigen Erhöhung von ADF und ADL konnte eine signifikante Verminderung der Nichtfaser-Kohlenhydrate durch die Behandlung nachgewiesen werden. Hier kam es zu einer Reduktion des Gehaltes an NFC von durchschnittlich 48 % im Ausgangsmaterial um mehr als 10 % in den Ackerbohnen nach der Lagerung (Tabelle 32). Es scheint bei Ackerbohnen eine schnelle Abkühlung der Produkte nach der Mikrowelle angeraten zu sein, um den starken Rückgang der NFC und damit der leicht verfügbaren Kohlenhydrate in gewissen Grenzen zu halten. Hier sind jedoch weiterführende Arbeiten notwendig. Untersuchungen von FERRUZZI et al. (2009) zeigten bei gekochten Ackerbohnen ebenfalls eine Steigerung des Gehaltes an ADF von 13,5 % im Ausgangsmaterial auf 17,4 % nach der Behandlung (Kochen). Sie konnten aber zeigen, dass bei einem vergleichbaren Gehalt an NDF der Varianten eine schlechtere Verdaulichkeit der NDF bei den gekochten Ackerbohnen (39 % in vitro) gegenüber den unbehandelten Bohnen mit 51 % Abbaubarkeit auftrat (FERRUZZI et al., 2009).

Tabelle 32: Ergebnisse der Detergentien bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	155 ^a ± 13	143 ^a ± 4	96 ± 29	6 ± 3	478 ^a ± 24
Abkühlung	290 ^b ± 38	289 ^b ± 20	150 ± 9	11 ± 2	379 ^b ± 27
Lagerung	291 ^b ± 2	321 ^b ± 2	130 ± 2	13 ± 1	364 ^b ± 9

Eine deutliche Reduzierung der Proteinlöslichkeit von 60 % im Ausgangsmaterial auf 23 % in den Ackerbohnen nach der Lagerung war die Folge der Behandlung bei 100 °C mittels Mikrowelle. Auch der Gehalt an Reinprotein verminderte sich, wohingegen der nXP-gehalt signifikant von 20 % auf 28 % nach der Lagerung angehoben werden konnte (Tabelle 33).

Tabelle 33: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und nXP bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	60 ^a ± 1	283 ± 14	198 ^a ± 2
Abkühlung	24 ^b ± 1	253 ± 7	262 ^b ± 3
Lagerung	23 ^b ± 5	259 ± 6	281 ^b ± 3

Eine deutliche und signifikante Verbesserung des UDP-Gehaltes (UDP8) konnte durch die thermische Behandlung mit 110 °C beobachtet werden, wobei im Produkt nach der Lagerung durchschnittlich 57 % nachweisbar waren. Auch der Gehalt an UDP5 wies mit 53 % bei den Ackerbohnen nach der Lagerung einen sehr guten Wert auf (Tabelle 34).

Tabelle 34: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	-7 ^a ± 1	-3 ^a ± 1	3 ^a ± 1
Abkühlung	35 ^{bc} ± 1	46 ^{bc} ± 1	51 ^b ± 1
Lagerung	42 ^{bd} ± 1	53 ^{bd} ± 2	57 ^b ± 3

Eine sehr deutliche Reduktion der B1-Fraktion am Rohprotein um fast 40 % konnte durch die Behandlung bei 100 °C beobachtet werden. Im Gegenzug dazu stiegen die Anteile der B2-Fraktion und vor allem auch der B3-Fraktion an (Abbildung 15). Mit durchschnittlich 10 % lag der Gehalt an NPN-Verbindungen (Fraktion A) auf einem etwas erhöhten Niveau. Diese Veränderungen in der Rohprotein-Fraktionierung der Ackerbohnen bei 110 °C sind wesentlich deutlicher ausgeprägt als die Verschiebungen in den Fraktionen bei 105 °C.

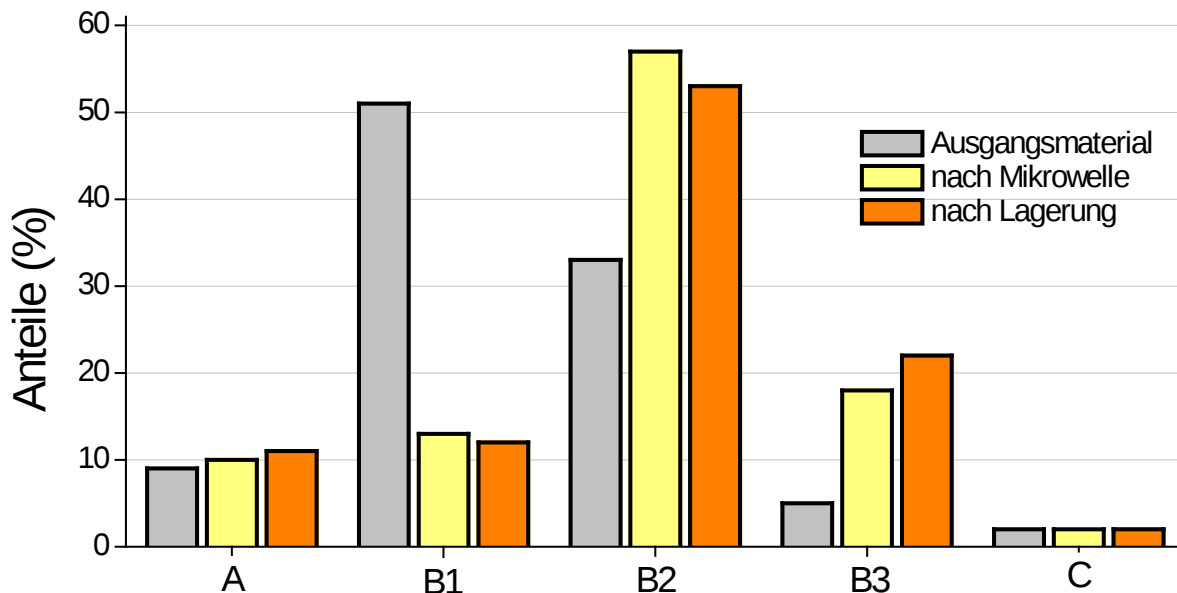


Abbildung 15: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Ackerbohnen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

STEINGASS et al. (2003) behandelten Ackerbohnen mit einem Ringspaltexpander und konnte eine bessere Abbaubarkeit des Rohproteins bei einer Verminderung der effektiven Abbaubarkeit (von 100 % im Ausgangsmaterial auf 94 % nach der thermischen Behandlung) beobachten. Sie prüften die Ammoniakkonzentration im Pansen der Kühe bei einem Einsatz an behandelten Ackerbohnen von 25 % der Ration (altmelkende Kühe). Es zeigte sich sehr deutlich ein gleichmäßigerer Verlauf der Konzentration an Ammoniak im Pansen mit den expandierten Ackerbohnen. Inwieweit dies durch die geringere Proteinabbaubarkeit oder einen höheren mikrobiellen Stickstoff-Einbau erfolgte blieb offen (STEINGASS et al., 2003).

4.1.8 Rapssamen bei 90 °C

Bei den Rapssamen konnte eine mittlere Trockenmasse im Ausgangsmaterial von 92 % ermittelt werden (Tabelle 35). Durch die Behandlung bei 90 °C wurde dieser Gehalt auf 95 % in den Produkten nach der Mikrowelle erhöht. Signifikante Verminderungen konnten beim Gehalt an Rohfett nachgewiesen werden, wobei der Anteil von 48 % im Ausgangsmaterial auf 42 % im Produkt nach der Lagerung vermindert wurde.

Tabelle 35: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 90 °C

TM	XA	XP	XF	XL	XS
(g/kg FM)	(g/kg TM)	(g/kg TM)	(g/kg TM)	(g/kg TM)	(g/kg TM)

Ausgang	921 ± 2	42 ± 2	200 ± 3	167 ± 59	477 ^a ± 7	n.e.
Abkühlung	948 ± 1	41 ± 1	197 ± 4	175 ± 107	414 ^b ± 2	n.e.
Lagerung	955 ± 1	41 ± 2	198 ± 1	181 ± 92	423 ^b ± 9	n.e.

Für die Bestimmung im Rahmen der Detergentienmethode konnten die deutlichsten Veränderungen im Bereich der Nichtfaser-Kohlenhydrate ermittelt werden, welche von 7 % im Ausgangsmaterial auf etwa 12 % in den Produkten nach der Behandlung mittels Mikrowelle nachgewiesen werden (Tabelle 36).

Tabelle 36: Ergebnisse der Detergentien bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 90 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	214 ± 29	n.e.	201 ± 30	72 ± 4	68 ± 29
Abkühlung	221 ± 64	n.e.	201 ± 94	67 ± 8	127 ± 66
Lagerung	224 ± 47	n.e.	223 ± 73	66 ± 10	115 ± 45

Das pepsinunlösliche Rohprotein betrug bei den geprüften Varianten der Rapssamen im Mittel immer 13 %. Die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) und der Gehalt an nutzbarem Rohprotein (nXP) blieben auf vergleichbarem Niveau (Tabelle 37).

Tabelle 37: Ergebnisse der Pepsinunlösliches Rohprotein, RNB und nXP bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 90 °C

	Pepsinunlösliches XP (%)	RNB (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	13 ± 1	20 ± 6	75 ± 37
Abkühlung	13 ± 1	18 ± 4	84 ± 28
Lagerung	13 ± 1	18 ± 4	84 ± 27

Eine Reduzierung der Glukosinolate konnte unter den Bedingungen von 90 °C nicht beobachtet werden. Im Ausgangsmaterial konnten durchschnittlich 11,2 ± 0,3 µmol je g FM nachgewiesen werden. Nach der Behandlung mittels Mikrowelle wurden im Mittel 11,3 ± 1,0 µmol und nach der Lagerung von 10,7 ± 0,8 µmol je Gramm FM dokumentiert werden.

4.1.9 Rapssamen bei 100 °C

Die Behandlung bei 100 °C bei den Rapssamen mittels Mikrowelle führte zu einer Steigerung des TM-Gehaltes um im Mittel 4 % (Tabelle 38). Mit durchschnittlich 44 % Rohfett in den Materialien nach der Lagerung konnte eine signifikante Verminderung um durchschnittlich 4 % nachgewiesen werden. Die anderen Rohnährstoffe blieben auf einem vergleichbaren Niveau.

Tabelle 38: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	924 ± 1	40 ± 1	202 ± 3	163 ± 17	475 ^a ± 5	n.e.
Abkühlung	957 ± 1	40 ± 1	197 ± 2	142 ± 24	427 ^b ± 15	n.e.
Lagerung	964 ± 1	40 ± 1	199 ± 3	133 ± 6	437 ^b ± 4	n.e.

Bei den Detergentienanalysen zeigte sich eine signifikante Erhöhung des Gehaltes an Nichtfaser-Kohlenhydraten (NFC) von 33 g je kg Trockenmasse auf im Mittel 116 g je kg Trockenmasse (Tabelle 39). Parallel dazu konnte eine leichte Senkung der Gehalte an NDF und ADF beobachtet werden.

Tabelle 39: Ergebnisse der Detergentien bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	250 ± 25	n.e.	218 ± 24	77 ± 13	33 ^a ± 23
Abkühlung	198 ± 21	n.e.	189 ± 10	66 ± 7	139 ^b ± 23
Lagerung	208 ± 33	n.e.	197 ± 11	72 ± 10	116 ^b ± 36

Der mittlere Anteil des pepsinunlöslichen Rohproteins blieb unabhängig von einer Behandlung mittels Mikrowelle auf einem Niveau von durchschnittlich 12 % bei einer sehr geringer Variationsweite (Tabelle 40). Für die ruminale Stickstoffbilanz konnte zwar eine signifikante Verminderung von 17 g auf 16 g je kg Trockenmasse ermittelt werden, jedoch sind diese Unterschiede produktionstechnisch eher unbedeutend. Der Anteil an nutzbarem Rohprotein blieb im Wesentlichen bei 10 % auf einem gleichen Niveau.

Tabelle 40: Ergebnisse des pepsinunlöslichen Rohproteins, RNB und nXP bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	Pepsinunlösliches XP (%)	RNB (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	12 ± 1	17 ^a ± 1	97 ± 1
Abkühlung	12 ± 1	16 ^b ± 1	100 ± 2
Lagerung	12 ± 1	16 ^b ± 1	100 ± 1

Eine statistische gesicherte Reduzierung der Glukosinolate konnte unter den Bedingungen von 100 °C nicht beobachtet werden. Im Ausgangsmaterial konnten durchschnittlich 13,5 ± 4,1 µmol je g FM nachgewiesen werden. Nach der Behandlung mittels Mikrowelle wurden im Mittel 10,5 ± 1,1 µmol und nach der Lagerung von 8,7 ± 0,3 µmol je Gramm FM dokumentiert werden.

4.1.10 Rapssamen bei 115 °C

Im Ausgangsmaterial der Rapssamen konnte bei der Temperaturstufe von 115 °C ein Rohfettgehalt von durchschnittlich 448 g je kg TM beobachtet werden. Durch die Behandlung mittels Mikrowelle konnte auch bei dieser Variante eine signifikante Verminderung des Gehaltes an Rohfett im Rapssamen nachgewiesen werden (Tabelle 41). Die bei anderen geprüften Temperaturstufen beobachtete Absenkung des Gehaltes an Rohfaser konnten bei einer Behandlung mittels Mikrowelle mit 115 °C signifikant nachgewiesen werden, wobei hier eine Verminderung von 15 % XF im Ausgangsmaterial auf durchschnittlich 12 % im behandelten Raps ermittelt werden konnte. Der Gehalt an Stärke wurde im Raps nicht analysiert.

Tabelle 41: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 115 °C

TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Ausgang	924 ± 1	40 ± 1	201 ± 3	148 ^a ± 13	448 ^a ± 15	n.e.
Abkühlung	965 ± 3	41 ± 1	199 ± 3	126 ± 18	427 ^b ± 15	n.e.
Lagerung	973 ± 4	40 ± 1	198 ± 4	116 ^b ± 15	431 ^b ± 12	n.e.

Bei den Detergentien konnte ebenfalls eine signifikante Verminderung des ADF-Gehaltes beobachtet werden, welcher von durchschnittlich 20 % im Samen des Ausgangsmaterials auf 16 % nach der Lagerung vermindert wurde (Tabelle 42). Hier zeigte sich eine deutliche Verminderung der NFC-Anteile in den Produkten. Welche jedoch bei den Rapssamen nach der Abkühlung sowie nach der Lagerung auf einem vergleichbaren Niveau der anderen Temperaturstufen lag.

Tabelle 42: Ergebnisse der Detergentien bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 115 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	243 ± 24	n.e.	202 ^a ± 15	69 ± 3	179 ± 77
Abkühlung	210 ± 27	n.e.	163 ^b ± 10	62 ± 7	123 ± 34
Lagerung	227 ± 48	n.e.	164 ^b ± 11	67 ± 7	104 ± 57

Die im Mittel 13 % pepsinunlöslichem Rohprotein im Ausgangsmaterial konnten durch die Behandlung mittels Mikrowelle bei 115 °C nur geringfügig auf 14 % sowohl bei den Rapssamen nach der schnellen Abkühlung als auch nach der Lagerung erhöht werden (Tabelle 43). Eine Veränderung bei der RNB konnte nicht beobachtet werden, auch wenn die Unterschiede zwischen dem Ausgangsmaterial und den Produkten nach der Mikrowelle signifikante Unterschiede aufwiesen. Der Gehalt an nXP konnte von 11 % im Ausgangsmaterial auf 10 % nach der Behandlung mit der Mikrowelle abgesenkt werden.

Tabelle 43: Ergebnisse des pepsinunlöslichen Rohproteins, RNB und nXP bei den Rapssamen (n=9) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 115 °C

	Pepsinunlösliches XP (%)	RNB (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	13 ± 2	15 ^a ± 1	109 ^a ± 5
Abkühlung	14 ± 2	16 ^b ± 1	101 ^b ± 1
Lagerung	14 ± 2	16 ^b ± 1	101 ^b ± 1

Unter den Bedingungen von 115 °C konnte eine signifikante Verminderung des Gehaltes an Glukosinolaten ermittelt werden. Im Ausgangsmaterial konnten durchschnittlich 10,6 ± 1,5 µmol je g FM nachgewiesen werden. Nach der Behandlung mittels Mikrowelle wurden im Mittel 9,1 ± 1,6 µmol und nach der Lagerung von 6,8 ± 2,7 µmol je Gramm FM dokumentiert werden. Insgesamt sollte jedoch auch der sehr geringe Gehalt an antinutritiven Stoffen im Rapssamen beachtet werden, der durch die Behandlung mittels Mikrowelle nicht wesentlich abgesenkt werden konnte und in der Fütterung der Rinder ohnehin nur eine untergeordnete Rolle spielt.

4.1.11 Vergleich der Futtermittel in der Proteinlöslichkeit

Bei den eiweißreicheren Futtermitteln Erbsen, Sojabohnen, Lupinen und den Ackerbohnen konnte in den Untersuchungen eine teilweise deutliche Verminderung der Proteinlöslichkeit durch die Behandlung mittels Mikrowelle beobachtet werden. Für diese Produkte sind in Abbildung 16 die Werte der Proteinlöslichkeit in Abhängigkeit von der Variante ausgewiesen. Die deutlichste Reduzierung kann bei den

Sojabohnen von 79 % im Ausgangsmaterial auf 35 % in den Sojabohnen nach der Lagerung beobachtet werden.

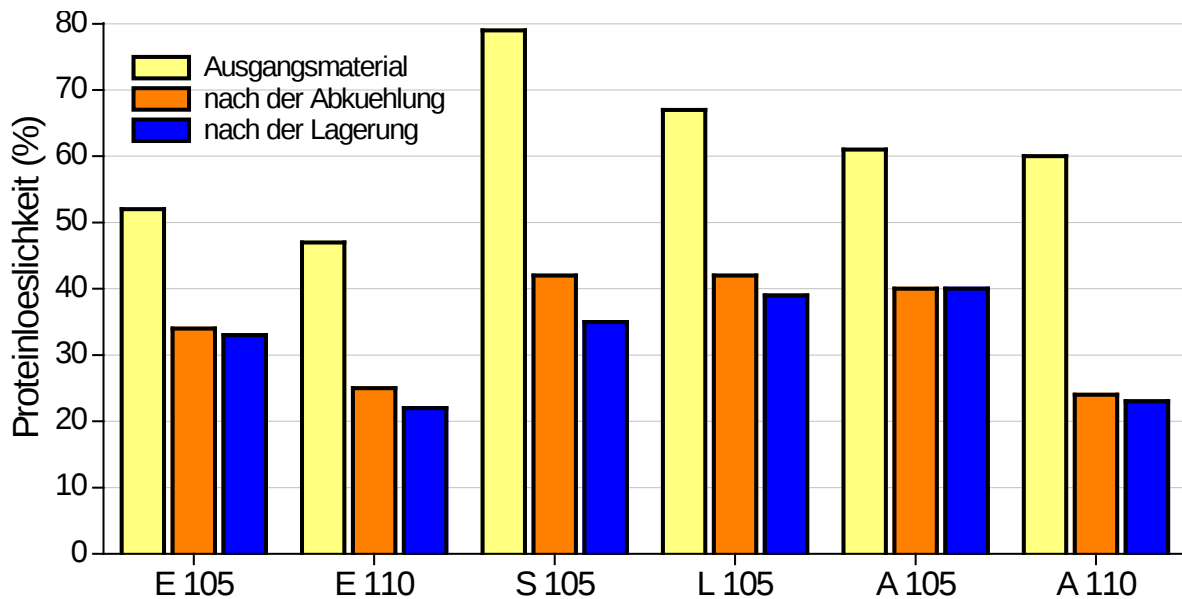


Abbildung 16: Proteinlöslichkeiten ausgewählter Produkte (E = Erbse; S = Sojabohne; L = Lupine; A = Ackerbohnen; 105 = 105 °C und 110 = 110 °C Temperatur während der Behandlung)

Bei den Erbsen und den Ackerbohnen kann der Effekt einer gesteigerten Temperatur (105 °C gegenüber 110 °C) auf die Proteinlöslichkeit sehr gut dargestellt werden. Mit zunehmender Temperatur während der Behandlung in der Mikrowelle kann eine teilweise sehr deutliche und für die Ernährung der Monogaster entscheidende Verminderung der Proteinlöslichkeit in den Samen nachgewiesen werden. Für die Ableitung schlüssiger Aussagen zur Veränderung der Proteinlöslichkeit in den Samen bei höheren Temperaturstufen sollten diese in weiterführenden Untersuchungen analysiert werden.

4.1.12 Schwimmfähigkeiten

Neben den nasschemischen Analysen erfolgte die Schätzung der Schwimmfähigkeit der Samen, denn durch den Einsatz der Mikrowelle und der damit einhergehenden Veränderung im Inneren der Samen sollte ein höherer Anteil schwimmfähiger Samen erwartet werden. In den durchgeführten Analysen konnte nur für den Rapssamen und bei den Leinsamen (Öllein) Veränderung im prozentualen Anteil schwimmenden Körner gegenüber dem Ausgangsmaterial ermittelt werden. Für die Rapssamen konnten im Mittel etwa 65 % schwimmfähige Samen nachgewiesen werden, während im Ausgangsmaterial eine permanente Steigerung von 20 % zu Beginn bis auf mehr als 40 % schwimmende Samen beobachtet werden konnte (Abbildung 17).

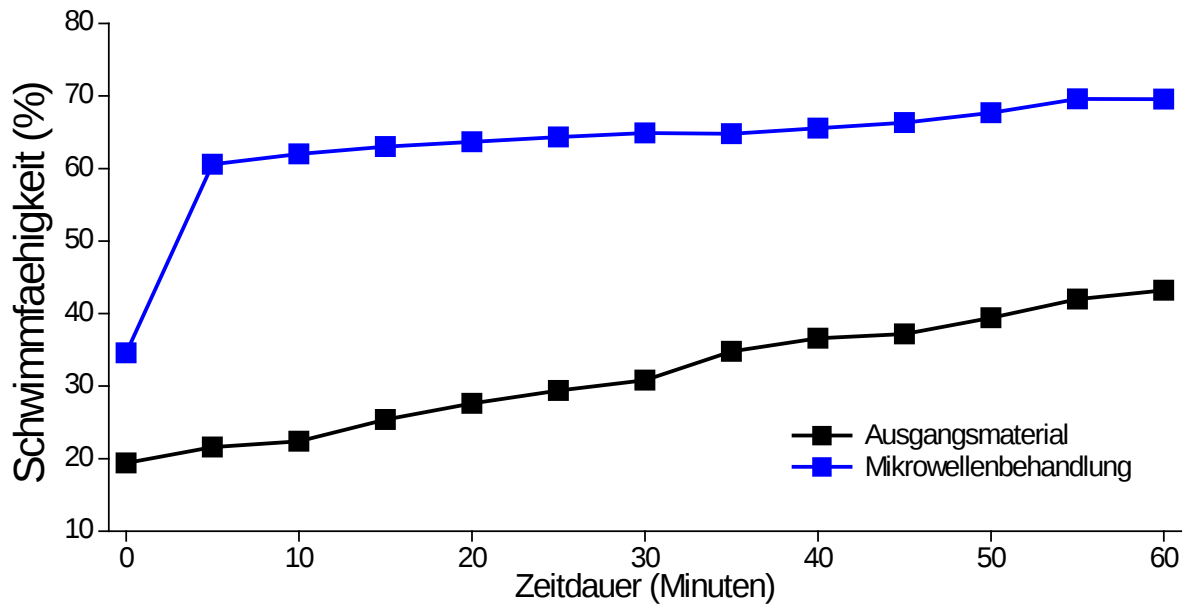


Abbildung 17: Schwimmfähigkeit der Rapssamen im Wasser

Beim Öllein zeigte sich eine mittlere Schwimmfähigkeit der Samen von etwa 20 % im Ausgangsmaterial. Bis 35 Minuten nach Beginn der Beobachtungen konnte diese ebenfalls für die mikrowellen-behandelten Samen beobachtet werden. Danach ging die Schwimmfähigkeit des behandelten Ölleins sukzessive auf etwa 10 % zurück (Abbildung 18). Hier sollten weiterführende Untersuchungen zum Zustand der Samenschale gemacht werden, um den Effekt der Behandlung des Leinsamens mittels Mikrowelle auch darstellen zu können. Vor dem Hintergrund des Anstieges der Konzentration an Blausäure im Leinsamen wäre dies ein wichtiger Bestandteil der folgenden Analysen. Auch könnte es vorteilhaft sein, den Leinsamen direkt nach der Behandlung in der Mikrowelle zu Mahlen und technisch abzukühlen, um zum Einen die Gehalte an Blausäure zu senken und zum Anderen eine mögliche Schädigung des Öles nicht zu forcieren.

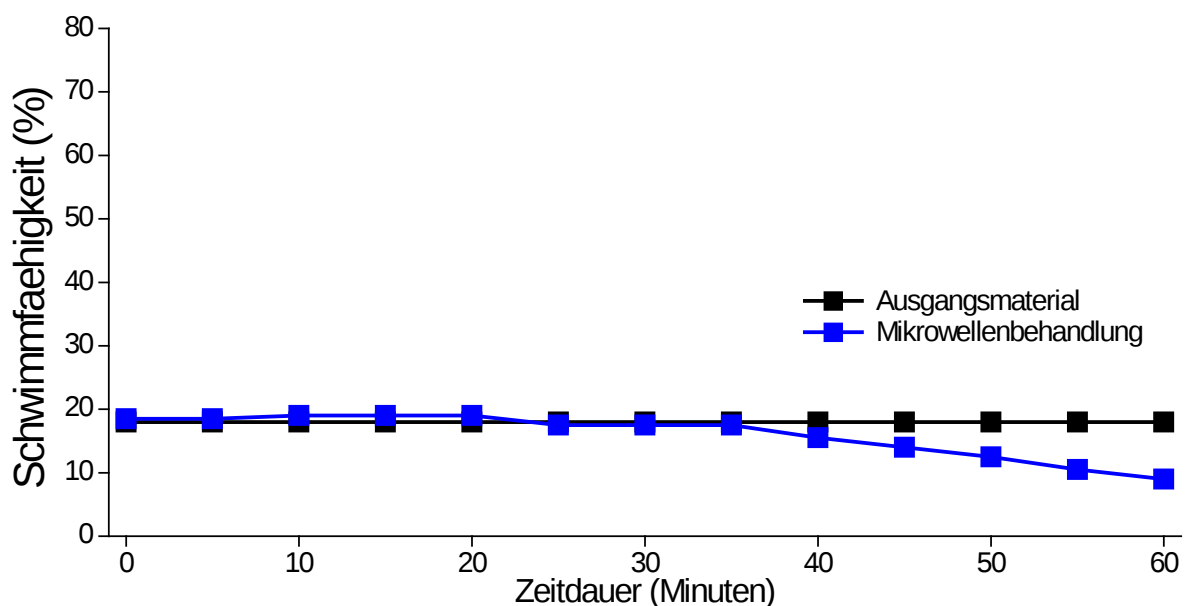


Abbildung 18: Schwimmfähigkeit von Öllein im Wasser

Im Gegensatz zum Rapssamen und zum Öllein konnte bei den anderen Futtermitteln kein Effekt auf die Schwimmfähigkeit beobachtet werden. Bei den Erbsen zeigten sowohl das Ausgangsmaterial als auch die mikrowellen-behandelten Samen keine Schwimmfähigkeit (Abbildung 19).

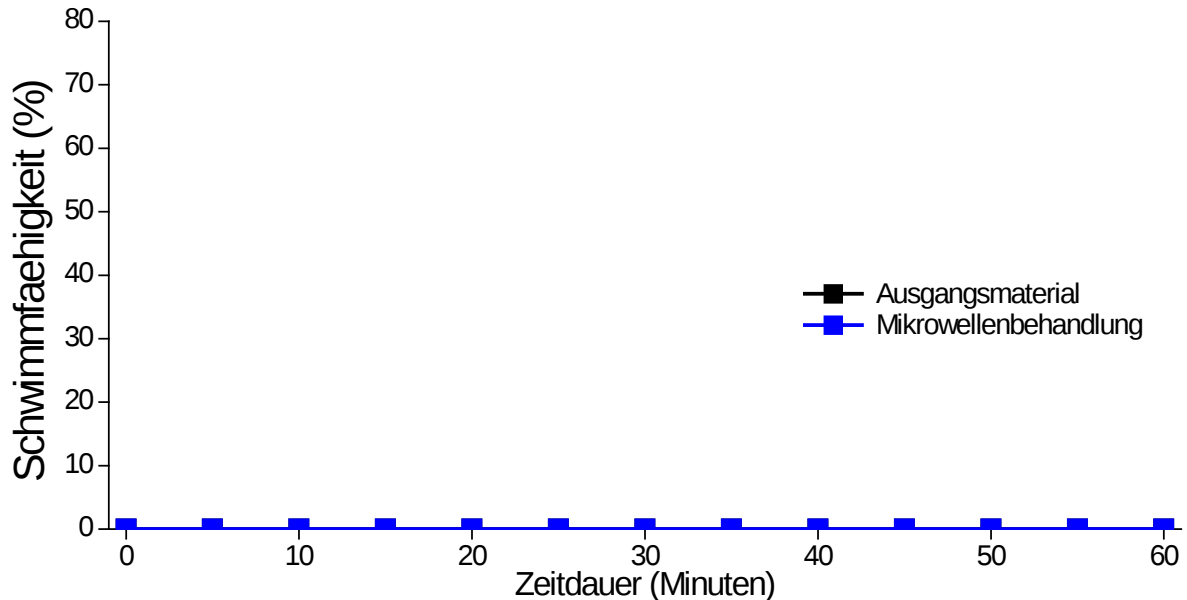


Abbildung 19: Schwimmfähigkeit von Erbsen im Wasser

Bei den mittels Mikrowelle behandelten Ackerbohnen wiesen im Mittel 2,4 % der Samen eine Schwimmfähigkeit auf. Im Ausgangsmaterial konnte kein Aufschwimmen der Samen beobachtet werden (Abbildung 20). Welche Samen im Wasser aufschwimmen und welche Veränderungen bei diesem Ackerbohnen vorhanden sind, konnte leider nicht im Rahmen des Projektes geklärt werden. Hier wären weiterführende Untersuchungen im Labor notwendig.

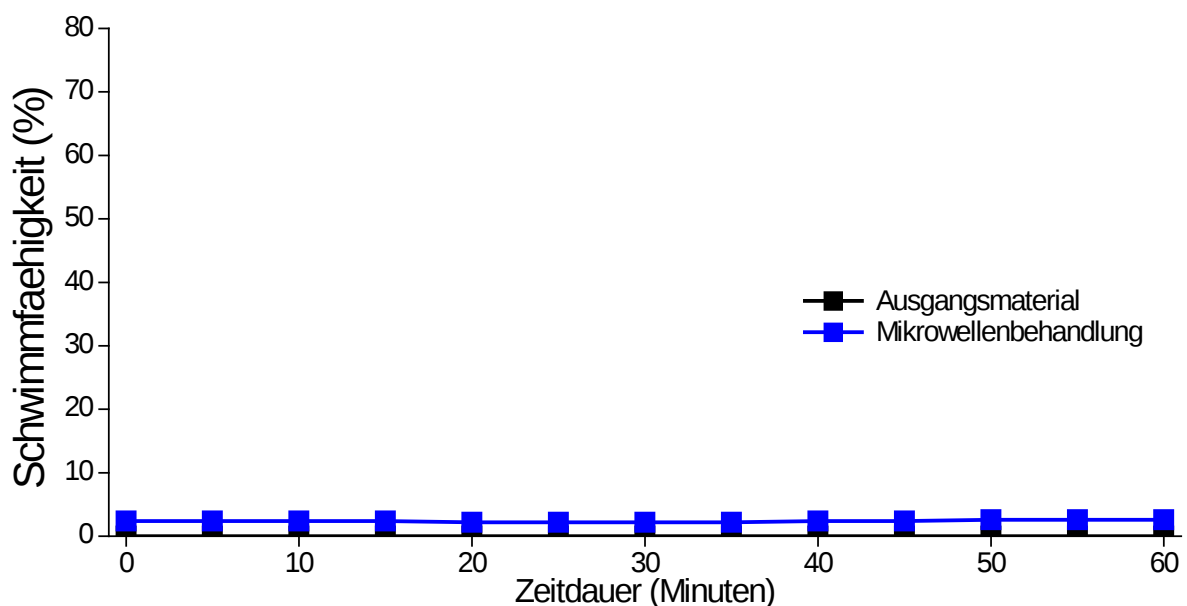


Abbildung 20: Schwimmfähigkeit von Ackerbohnen im Wasser

Bei den Süßlupinen wiesen sowohl das Ausgangsmaterial als auch die mikrowellen-behandelten Materialien keinerlei Schwimmfähigkeit im Wasser sowie der Lösung mit Alkohol auf (Abbildung 21). Auch wie bei den anderen Produkten sollten aber für abschließende Aussagen auch andere Sorten und andere Einstellungen an der Mikrowelle geprüft werden.

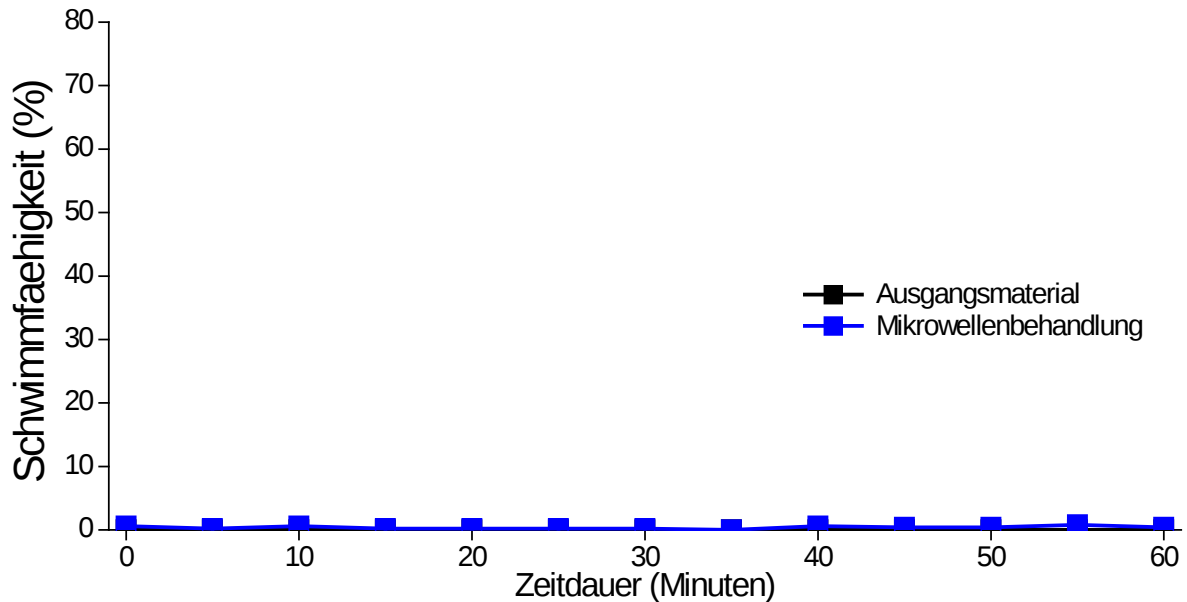


Abbildung 21: Schwimmfähigkeit von Süßlupinen im Wasser

Bei den Sojabohnen schwankte die Schwimmfähigkeit der mikrowellen-behandelten Samen im Verlauf der Untersuchungen (60 Minuten) von 1 % bis zu 4 %, wohingegen im Ausgangsmaterial maximal 3 % zu Beginn schwammen und ab der 30. Minuten kein Samen mehr schwimmfähig war (Abbildung 22).

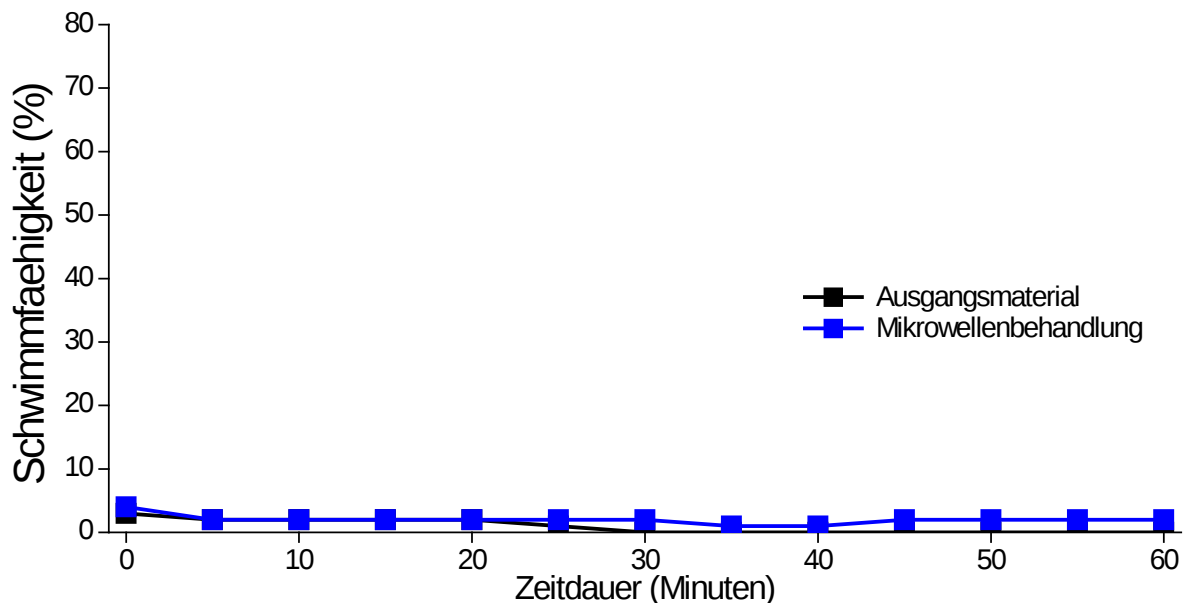


Abbildung 22: Schwimmfähigkeit von Sojabohnen im Wasser

Abschließend sollte festgehalten werden, dass die Schwimmfähigkeit der Samen zur Ableitung von Wirkungen der Behandlung der Samen mittels Mikrowelle nicht geeignet erscheint. Analysen der Oberflächen der Samen nach der Behandlung und die Nutzung anderen Flüssigkeiten sollten geprüft werden.

4.1.13 Mikroskopie

Im Labor der LKS Lichtenwalde sollte die Struktur der Samen bei einem Anschnitt der Samen untersucht werden. Aufgrund der vorhandenen Geräte und der nicht ausreichend feinen Schnittführung können diese Daten nicht in eine korrekte Auswertung einbezogen werden. Für die Ackerbohnen sollen die beiden Bilder in Abbildung 23 beispielgebend sein.

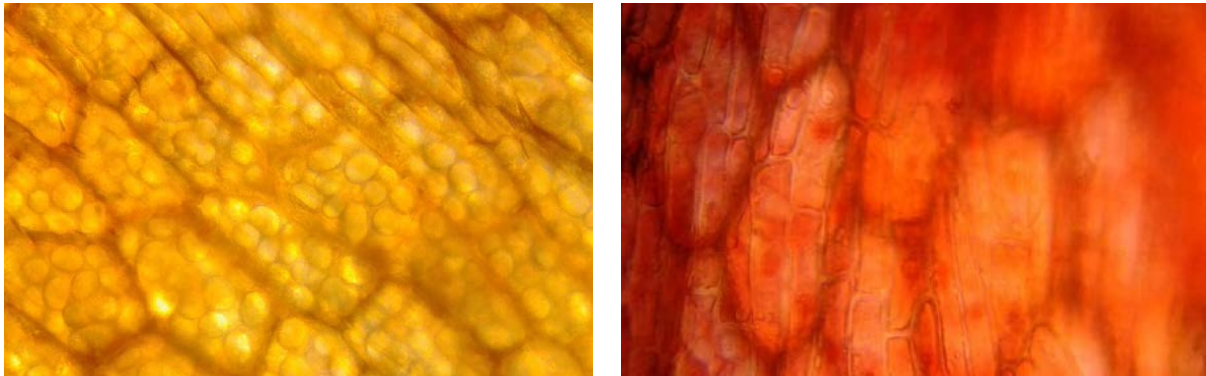


Abbildung 23: Ackerbohnen als Ausgangsmaterial (links) und mikrowellen-behandelt (rechts)

Bei den Erbsen stellte das Labor fest, dass die Haut der Erbsen im Ausgangsmaterial viele kleine Zellorganellen enthält, während diese bei den mikrowellen-behandelten Samen zwar vorhanden sind, aber in der Struktur und deren Anordnung nicht mehr vergleichbar waren. Für die mikrowellen-behandelten Sojabohnen konnte ein erhöhter Zwischenraum zwischen den Zellen gegenüber dem Ausgangsmaterial beobachtet werden.

4.2 Futtermittelanaysen aus der Industrie-Mikrowelle

4.2.1 Erbsen

Bei den Erbsen konnte eine Erhöhung des Trockenmassegehaltes um 1 % ermittelt werden, wobei die Gehaltswerte der anderen Rohnährstoffe eher auf einem vergleichbaren Niveau verbleiben (Tabelle 44). Zu beachten gilt jedoch hier immer der sehr geringe Umfang an Proben (jeweils 1 Probe Ausgangsmaterial und 1 Probe der Erbsen nach der Behandlung).

Tabelle 44: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Erbsen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	868	35	224	48	21	53
Abkühlung	878	34	228	56	19	56

Bei den Detergentien wurden lediglich die Gehalte an pNDF im Rahmen der Ermittlung der UDP-Gehalte ermittelt (Tabelle 45). Es zeigte sich hierbei, dass durch die Behandlung mittels der Industrie-Mikrowelle keine signifikanten Veränderungen auftraten.

Tabelle 45: Ergebnisse der Detergentien bei den Erbsen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	n.e.	140	n.e.	n.e.	n.e.
Abkühlung	n.e.	169	n.e.	n.e.	n.e.

Mit der Verminderung der Proteinlöslichkeit bei den Erbsen durch die Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle konnte eine leichte Verminderung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein nachgewiesen werden (Tabelle 46).

Tabelle 46: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und des nXP bei den Erbsen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	69	n.e.	182
Abkühlung	60	n.e.	165

Eine wesentliche Veränderung der UDP-Gehalte konnte nicht nachgewiesen werden (Tabelle 47). Hierbei gilt zu beachten, dass einzelne Fraktionen außerhalb des Definitionsbereiches lagen und somit eine exakte Schätzung der UDP-Gehalte nicht erfolgen konnte.

Tabelle 47: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Erbsen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 100 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	n.e.	n.e.	0
Abkühlung	n.e.	n.e.	3

Die Ergebnisse der Fraktionierung des Rohproteins sind in Abbildung 24 dargestellt. Hier zeigten sich eine geringgradige Verminderungen der Fraktion B1 sowie eine leichte Erhöhung der Fraktion B2 bei den behandelten Materialien gegenüber dem Ausgangsmaterial.

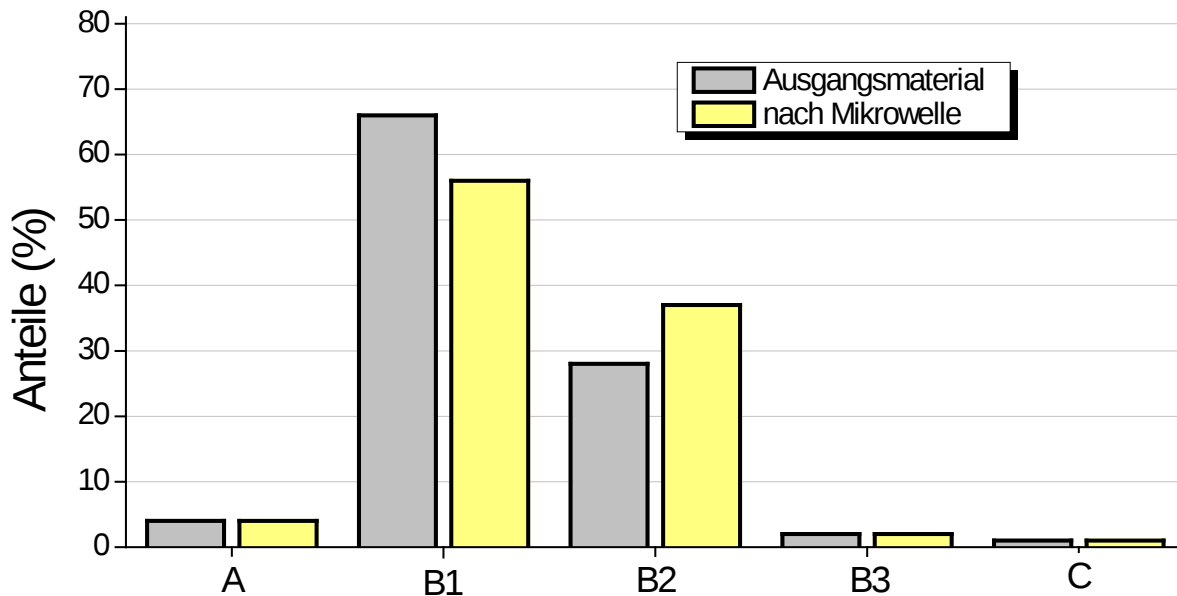


Abbildung 24: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Erbsen (n=2) bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle

4.2.2 Lupinen

Bei den Lupinen konnte keine Beeinflussung des Trockenmassegehaltes der Lupinen durch die Behandlung mit der Industrie-Mikrowelle beobachtet werden (Tabelle 48). Bei einer geringen Verminderung des Rohfasergehaltes erhöhte sich sehr gering der Stärke-Gehalt. Mit einer mittleren Energiekonzentration von 8,7 MJ NEL je kg TM wird ein ansprechender Wert erreicht, der jedoch zwischen beiden Behandlungsstufen gleich ist. Auch weisen beide Proben (Ausgang und behandelte Ware) mit 13,8 MJ ME je kg TM die gleiche Energiekonzentration für die Masttiere auf.

Tabelle 48: Ergebnisse der Nährstoffanalyse der Lupinen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	TM (g/kg FM)	XA (g/kg TM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XL (g/kg TM)	XS (g/kg TM)
Ausgang	906	51	296	133	47	94
Abkühlung	913	51	292	122	49	103

Bei den Analysen der Detergentien zeigte sich, dass im Ausgangsprodukt der Lupinen 30 % pNDF nachgewiesen wurden, wobei dieser Wert durch die Behandlung mittels Mikrowelle auf 32 % erhöht wurde (Tabelle 49).

Tabelle 49: Ergebnisse der Detergentien bei den Lupinen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	NDF (g/kg TM)	pNDF (g/kg TM)	ADF (g/kg TM)	ADL (g/kg TM)	NFC (g/kg TM)
Ausgang	n.e.	302	n.e.	n.e.	n.e.
Abkühlung	n.e.	324	n.e.	n.e.	n.e.

Die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) wies 15,7 g N je kg Trockenmasse im Ausgangsprodukt auf und erreichte 15,1 g N je kg TM bei den behandelten Lupinen. Beim Gehalt an pepsinunlöslichem Rohprotein wurden im Mittel 9,7 % ermittelt, wobei im Ausgangsprodukt 9,2 % und nach der Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle 10,1 % beobachtet werden konnten. Die Proteinlöslichkeit verminderte sich im Mittel um 11 % (Tabelle 50).

Tabelle 50: Ergebnisse der Proteinlöslichkeit, des Reinproteins und des nXP bei den Lupinen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	Proteinlöslichkeit (%)	Reinprotein (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)
Ausgang	77	n.e.	197
Abkühlung	66	n.e.	197

Die UDP-Gehalt der Lupinen unterschieden sich bei allen 3 Passage-Rate nicht zwischen dem Ausgangsmaterial und den behandelten Materialien (Tabelle 51).

Tabelle 51: Ergebnisse der UDP-Berechnung bei den Lupinen (n=2) bei einer Behandlung mittels Mikrowelle bei 110 °C

	UDP 2	UDP 5	UDP 8
Ausgang	11	12	16
Abkühlung	13	12	16

Die Fraktionierung des Rohproteins in den Lupinen zeigte eine Verschiebung der Gehalte aus der B1- in die B2-Fraktion. Die Fraktionen A, B3 und C bleiben dagegen auf einem vergleichbaren Niveau (Abbildung 25).

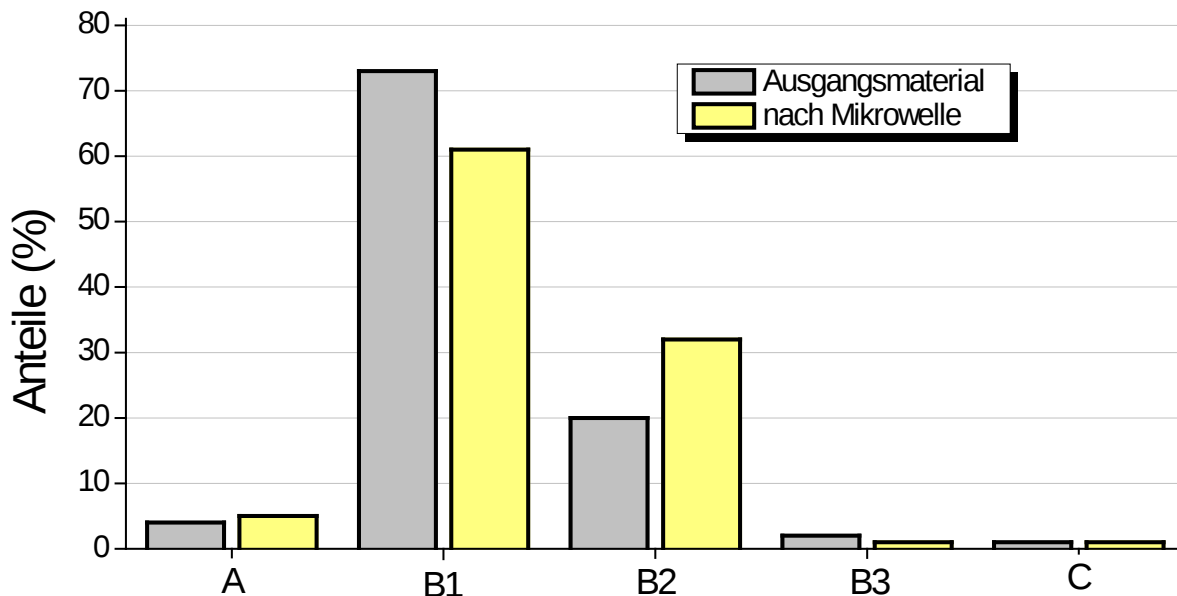


Abbildung 25: Ergebnisse der XP-Fraktionierung bei den Lupinen (n=2) bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle

Insgesamt zeigt sich, dass durch die Behandlung von Lupinen mit der Industrie-Mikrowelle keine ausreichenden Veränderungen in den fütterungsrelevanten Kennzahlen erreicht werden können. Bei vergleichbaren Temperaturbereichen wie während der Erprobungen der ROSOMA-Mikrowelle ergeben sich hier geringere

Effekte auf die Lupinen. Da thermische Prozesse für Futtermittel entweder über die Höhe der Temperatur oder über die Länge der Verweildauer gesteuert werden, sollten anderen Varianten in der Industrie-Mikrowelle geprüft werden. Bei den Proben der Lupinen zeigte sich während und vor allem nach den Behandlungen, dass ein Austritt von Wasser im Prozess der Behandlung eher nicht unbedingt gewährleistet scheint. Nach der Entnahme der Behälter aus der Industrie-Mikrowelle und der folgenden Entnahme der Proben konnte ein verstärktes Entweichen von Wasser beobachtet werden (Abbildung 26).



Abbildung 26: Bilder während der Probenahme der Lupinen (links: Schweißwasser im Behälter; rechts: am Boden anhaftende Bestandteile der Futtermittel)

4.2.3 Vergleich der Proteinlöslichkeiten

Für die beiden Futtermittel Erbsen und Lupinen wurde in der Industrie-Mikrowelle nur eine geringe Verminderung der Proteinlöslichkeit von etwa 10 % verzeichnet. Bei der ROSOMA-Mikrowelle konnten dagegen wesentlich stärkere Verminderungen der Proteinlöslichkeit der beiden Futtermittel nach der Behandlung nachgewiesen werden (Abbildung 27). Daraus kann abgeleitet werden, dass beide Maschinen nicht die gleiche Wirkungsrichtung haben. Die Ergebnisse der nasschemischen Analysen könnten auch zusätzlich durch die technischen Parameter verursacht oder vermindert werden, denn bei der ROSOMA-Maschine wurden nur geringe Schichthöhen bei einer kurzen Einwirkzeit verwendet, wohingegen zum Beispiel die Erbsen in der Industrie-Mikrowelle bis zu 40 Minuten behandelt werden mussten, um die vergleichbare Temperatur zu erreichen und das bei einer wesentlich höheren Einfüll-Menge (höhere Schichtdicke; nicht gemessen).

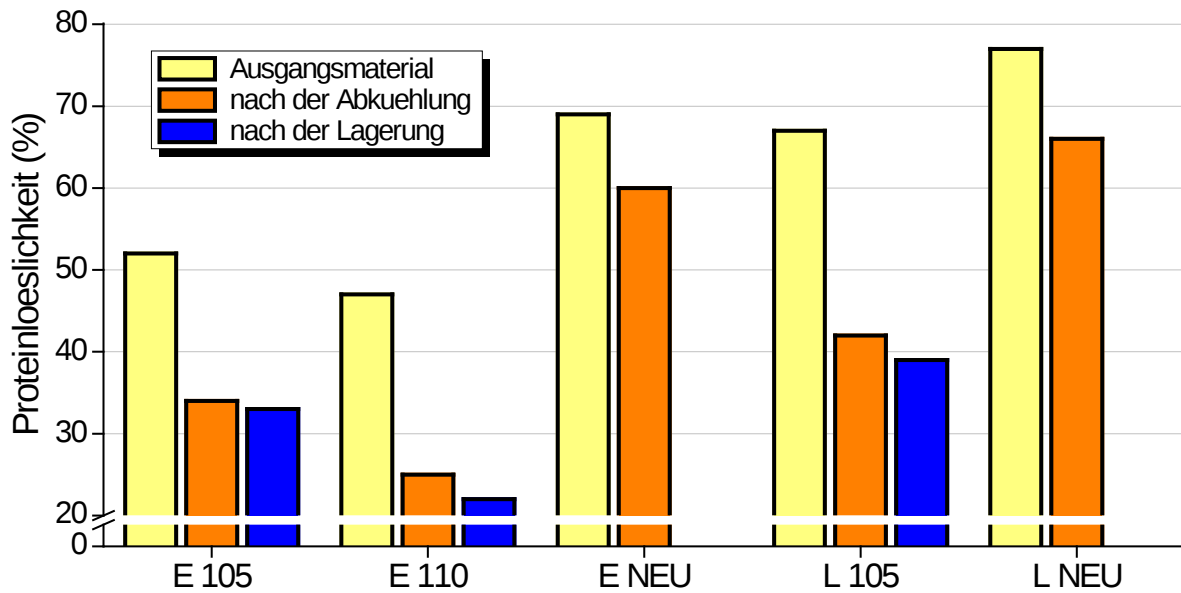


Abbildung 27: Entwicklung der Proteinlöslichkeit bei Erbsen (E 105 = ROSOMA-Mikrowelle bei 105 °C; E 110 = ROSOMA-Mikrowelle bei 110 °C; E NEU = neue Mikrowelle) und Lupinen (L 105 = ROSOMA-Mikrowelle bei 105 °C; L NEU = neue Mikrowelle) im Vergleich der beiden Mikrowellen

4.2.4 Rapssamen

Der verwendete Rapssamen wies im Ausgangsmaterial eine mittlere Trockenmasse von 95 % auf, welche durch die Behandlung mittels der Industrie-Mikrowelle signifikant erhöht werden konnte (Tabelle 52). In der Variante mit 120 °C konnte eine Trockenmasse von durchschnittlich 97 % ermittelt werden, was gegenüber dem Ausgangsmaterial eine Erhöhung um 2 % bedeutet. Die Gehalte an Rohasche und Rohprotein blieben dagegen durch die Mikrowellen-Behandlung weitestgehend unbeeinflusst. Mit steigender Temperatur konnte neben der Erhöhung des Gehaltes an Rohfett auch eine Steigerung der Rohfaser-Werte nachgewiesen werden. Die Energiegehalte blieben auf einem vergleichbaren Niveau wie im Ausgangsmaterial bei den Rapssamen.

Tabelle 52: Ergebnisse der Weender Analyse beim Rapssamen bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle (n=18)

	Ausgang	90 °C	110 °C	120 °C
TM (g/kg FM)	949 ^a ± 1	959 ^{bc} ± 6	958 ^{bc} ± 3	968 ^{bd} ± 1
XA (g/kg TM)	39 ± 2	39 ± 1	39 ± 1	39 ± 1
XP (g/kg TM)	207 ± 4	208 ± 2	208 ± 3	205 ± 2
XL (g/kg TM)	453 ± 6	454 ± 17	451 ^a ± 11	476 ^b ± 4
XF (g/kg TM)	147 ± 44	173 ± 33	169 ± 42	192 ± 46
NFE (g/kg TM)	176 ± 25	122 ± 28	132 ± 46	88 ± 45
NEL (MJ/kg TM)	10,7 ± 0,1	10,7 ± 0,3	10,7 ± 0,2	10,9 ± 0,1
ME (ME/kg TM)	17,6 ± 0,1	17,5 ± 0,4	17,5 ± 0,2	17,9 ± 0,1

ab; cd sind signifikant bei $p \leq 0,05$

Die Analyse der Detergentien zeigte eine Erhöhung der Fasergehalte bei NDF, ADF und auch ADL (Tabelle 53). Im Gegenzug dazu konnte eine signifikante Verminderung der NFC-Werte bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle bei 120 °C beobachtet werden. Insgesamt liegen jedoch die Gehalte an den Faserfraktionen auf einem relativ hohen Wert.

Tabelle 53: Ergebnisse der Detergentien-Methode beim Rapssamen bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle (n=18)

	Ausgang	90 °C	110 °C	120 °C
NDF	218 ± 67		283 ± 51	264 ± 23
pNDF	354 ± 54	340 ± 32	369 ± 33	368 ± 55
ADF	234 ± 16	278 ± 32	281 ± 44	284 ± 31
ADL	65 ± 7	104 ± 7	120 ± 41	98 ± 13
NFC	300 ^a ± 4	308 ^a ± 5	302 ^a ± 10	281 ^b ± 6

Die Proteinlöslichkeit im Rapssamen konnte durch die Industrie-Mikrowelle signifikant vermindert werden. Während im Ausgangsmaterial 51 % ermittelt werden konnten, wies der Rapssamen nach der Behandlung bei 120 °C noch 38 % Proteinlöslichkeit auf (Tabelle 54).

Tabelle 54: Proteinlöslichkeit beim Rapssamen bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle (n=18)

	Ausgang	90 °C	110 °C	120 °C
Proteinlöslichkeit (%)	51 ^a ± 4	49 ^c ± 6	43 ^{bc} ± 5	38 ^{bd} ± 1

ab; cd sind signifikant bei $p \leq 0,05$

Aufgrund der Tatsache, dass einzelne Fraktionen bei der Rohprotein-Fraktionierung außerhalb des Definitionsbereiches lagen, konnte eine exakte Schätzung der UDP-Gehalte in den Rapssamen nicht korrekt erfolgen. Dies spiegelt sich in den mehrheitlich negativen Werten wider. Tendenziell steigt aber der UDP8-Wert mit zunehmender Behandlungstemperatur an, wobei die 120 °C-Variante dann 13 % im UDP8-Gehalt erreicht (Tabelle 55).

Tabelle 55: UDP-Gehalte beim Rapssamen bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle (n=18)

	Ausgang	90 °C	110 °C	120 °C
UDP 2	-16 ± 1	-16 ± 3	-9 ± 2	-5 ± 2
UDP 5	-11 ± 1	-8 ± 9	-2 ± 3	3 ± 2
UDP 8	0 ± 2	2 ± 8	8 ± 3	13 ± 2

keine signifikanten Unterschiede ausgewiesen, da methodisch nicht korrekt

Die Fraktionierung des Rohproteins im Rapssamen zeigte eine signifikante Verschiebung der Gehalte aus der B1- in die B2-Fraktion. Die Fraktionen A, B3 und C bleiben dagegen auf einem vergleichbaren Niveau (Tabelle 56). Auch vor diesem Hintergrund scheinen die Veränderungen im UDP-Gehalt nicht sachlogisch zu sein. Eine Verbesserung der Futtermittel durch die Behandlung mit der Industrie-Mikrowelle kann daher nicht abgeleitet werden und sollte am besten durch in situ-Verfahren geprüft werden.

Tabelle 56: Proteinfractionierung beim Rapssamen bei einer Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle (n=18)

	Ausgang	90 °C	110 °C	120 °C
A	5 ± 3	5 ± 5	6 ± 3	6 ± 2
B1	46 ^a ± 2	43 ^c ± 10	38 ^b ± 3	32 ^{bd} ± 1
B2	39 ^a ± 4	42 ^c ± 5	46 ^b ± 4	51 ^{bd} ± 1
B3	4 ± 1	4 ± 1	5 ± 1	5 ± 2
C	6 ± 1	6 ± 1	6 ± 1	6 ± 1

ab; cd sind signifikant bei $p \leq 0,05$

In Bezug auf das Fettsäuremuster der Rapssamen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten (Tabelle 57). Es zeigte sich aber sehr deutlich der mit durchschnittlich 63 % sehr hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren in den Rapssamen.

Tabelle 57: Anteile (%) des Fettsäuremusters der Rapssamen (n=18)

	gesättigte FS	ungesättigte FS	mehrfach ung. FS
Ausgang	7 ± 4	65 ± 3	28 ± 2
Abkühlung	10 ± 5	62 ± 4	28 ± 2
Lagerung	8 ± 3	64 ± 3	28 ± 1

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass die Behandlung mittels Industrie-Mikrowelle bis auf eine Verminderung der Proteinlöslichkeit im Rapssamen sowie einer Verschiebung in den B1- und B2- Fraktionen nur geringgradige Effekte auf das Produkt ausübt und damit für einen breiten Einsatz in der Fütterung der Rinder und Schweine nicht unbedingt sinnvoll erscheint.

5 Fütterungsversuche Läufer

Die Ergebnisse aus den durchgeführten Untersuchungen können dem Versuchsbericht der LLFG Iden und der Hochschule Anhalt mit dem Titel „Einsatz von Mikrowellen-behandelten Futtermitteln in der Ferkelaufzucht“ eingesehen werden (siehe auch im Anhang). Zu finden ist der Bericht auch unter <http://www.llg-lsa.de/>.

Die eingesetzten Alleinfuttermittel enthielten mit durchschnittlich 1,3 % Lysin im Aufzuchtfutter 1 und 1,2 % Lysin im Aufzuchtfutter 2 eine entsprechend der aktuellen Versorgungsempfehlungen ausreichende Lysin-Menge. Der mittlere Energiegehalt lag in den Futtermitteln bei 13,4 MJ ME je kg TM (Tabelle 58).

Tabelle 58: Futterinhaltsstoffe je kg Futter (deklariert)

Komponente	Futtermittel					
	Aufzuchtfutter 1			Aufzuchtfutter 2		
	Mikro- welle	Kon- trolle 1	Kon- trolle 2	Mikro- welle	Kon- trolle 1	Kon- trolle 2
Rohprotein (%)	18,00	18,00	18,04	17,17	17,17	16,98
Lysin (%)	1,26	1,26	1,26	1,15	1,15	1,15
Meth + Cys (%)	0,77	0,77	0,77	0,69	0,69	0,69
Threonin (%)	0,77	0,77	0,77	0,71	0,71	0,71
ME (MJ)	13,4	13,4	13,3	13,4	13,4	13,3

Bei den Erbsen wurden in allen geprüften Varianten gleiche Gehaltswerte unterstellt (21 % XP, 7 % XF, 51 % Stärke und 21 % NDF), wobei sich lediglich die Trockenmasse der mikrowellen-behandelten Erbsen mit durchschnittlich 91 % von der unbehandelten Ware (88 %) unterschied. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Rationen mussten im Aufzuchtfutter I bei der Kontrolle 1 und der Mikrowelle 0,08 % Lysin gegenüber 0,05 % Lysin in der Kontrolle 2 supplementiert werden. Beim Aufzuchtfutter II wurden 0,10 % Lysin in der Kontrolle 1 sowie der Mikrowellen-Variante gegenüber 0,08 % Lysin in der Kontrolle 2 ergänzt.

Bei einer hohen täglichen Lebendmassezunahme der Läufer, die sich zwischen den Varianten nicht unterschied, konnte ein vergleichbarer Futterverbrauch der Tiere in der Aufzucht ermittelt werden. Auch in den Stoffwechselfparametern zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Läufern der Varianten.

Insgesamt zeigte sich, dass die Behandlung der Produkte mit der Mikrowelle keine Vorteile für die Versorgung der Läufer brachte, aber ein Einsatz von 10 % Erbsen und 5 % Leinsamen in der Läuferaufzucht ohne Verminderung der biologischen Kennzahlen möglich erscheint. Zu beachten ist der etwas geringere Lysin-Gehalt im Futter, welcher bei einer identischen Supplementierung mit den essentiellen Aminosäuren nur durch die geringere Proteinlöslichkeit der Futtermittel nach der Behandlung mittels Mikrowelle begründet werden könnte (Abbildung 28), wobei die Toleranzgrenzen der Analysen bei der Bewertung zu beachten sind.

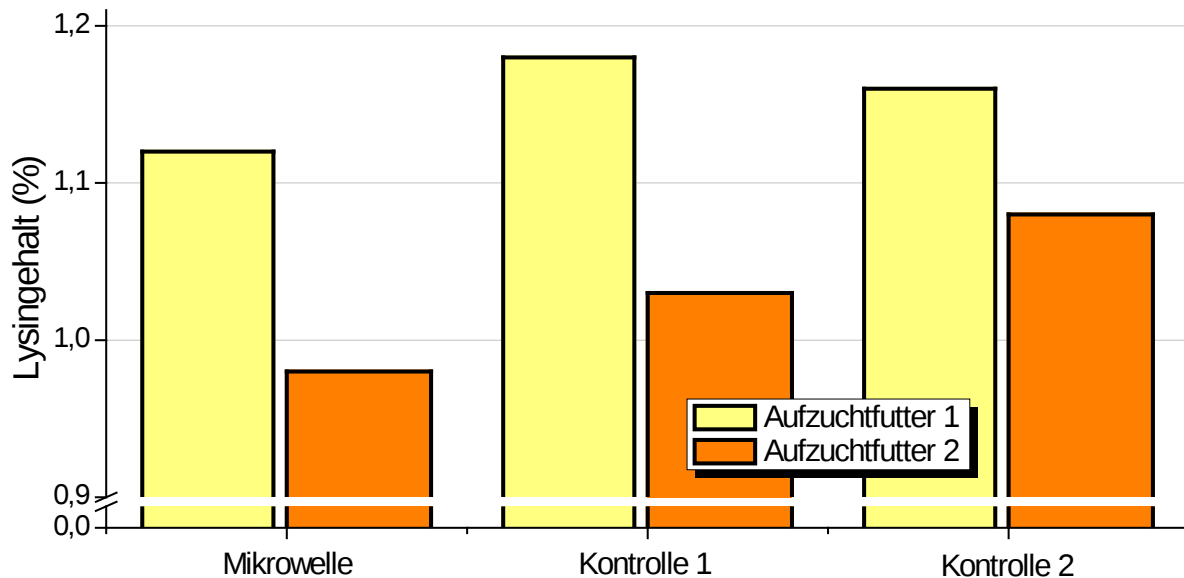


Abbildung 28: Lysin-Gehalte im Futter der Läufer

Für weiterführende Untersuchungen könnte jedoch der Einsatz von mikrowellen-behandelten Leinsamen in der Läuferaufzucht interessant erscheinen, wobei angemerkt werden muss, dass im Läuferversuch der Leinsamen (wegen der etwas höheren Gehalte an Blausäure nach der Behandlung) nicht behandelt gewesen war. Die signifikante Verminderung der Gehalte an Rohfaser und den Detergentienfasern sprechen jedoch für eine bessere Nutzung des Produktes Leinsamen in der Ernährung der Monogaster. Hier sind jedoch auch in der Analytik der Futtermittel noch weiterführende Untersuchungen anzuraten, um den Effekt der Mikrowellen auch bei anderen Temperaturstufen besser als bisher beschreiben zu können.

In den Versuchen mit den Läufern in der LLFG Iden wurden Kotproben der Tiere in den beiden Fütterungsabschnitten (Aufzuchtfutter I und Aufzuchtfutter II) gesammelt und anschließend im Labor der LLFG Iden mittels der RIETSCH-Schüttelbox gesiebt, um die Verdaulichkeit der Leinsamen zu prüfen. Hier zeigte sich sehr deutlich, dass es keine Anzeichen einer ungenügenden Verdauung der Leinsamen gab, was Abbildung 29 verdeutlichen soll.



Abbildung 29: Auswaschung des Kotes (links) und Probenmaterial (rechts) aus den Versuchen mit den Läufern in der LLFG Iden

6 Fütterungsversuche Mastschweine

Fütterungsversuch LLFG Iden

Die Versuche in der Leistungs-Prüfanstalt in der LLFG Iden mit 4 Rationen (unterschiedliche Anteile Rapssamen und Ackerbohnen) konnten im November 2014 abgeschlossen werden. Es wurden 3 Durchgänge ab 48 Mastschweine geprüft. Der Versuchsbericht mit den Ergebnissen der Futteraufnahme sowie der Futterverwertung, dem Krankheitsgeschehen sowie ausgewählter Kennzahlen des Stoffwechsels liegt als Anhang dem Abschlussbericht bei. Der geplante Versuch in Vachdorf (ÖKO-Versuche mit mikrowellen-behandeltem Rapssamen) musste aufgrund der Bedingungen vor Ort abgesagt werden.

Vertiefende Analysen der Ergebnisse vor allem in Bezug auf den Vergleich der einzelnen Durchgänge sowohl bei den Läufern als auch den Mastschweinen werden in 1 Bachelor- und 1 Masterarbeit betrachtet. Beide Arbeiten sollten spätestens im Mai 2015 verfügbar sein (nach der Durchführung des Kolloquiums) und können dann weiterführende Aussagen aus den Versuchen liefern.

Für die Ableitung von Aussagen sollen jedoch im vorliegenden Bericht nochmals die wichtigsten Aussagen der Versuche bei den Mastschweinen hervorgehoben werden. In Bezug auf die Leistung der Tiere in der Mast (LMZ) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den 4 geprüften Varianten ermittelt werden, wobei mit zunehmendem Anteil an Ackerbohnen und Rapssamen eine signifikante Verminderung der LMZ zu verzeichnen war. Beim Futteraufwand zeigten sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den Varianten, was auch Abbildung 30 zeigt. Besonders ersichtlich wird der signifikante Unterschied zwischen den Varianten C und D, die bei gleicher Zusammensetzung der Ration nur durch die Behandlung der Futtermittel mittels Mikrowellen (Variante C) differenziert sind.

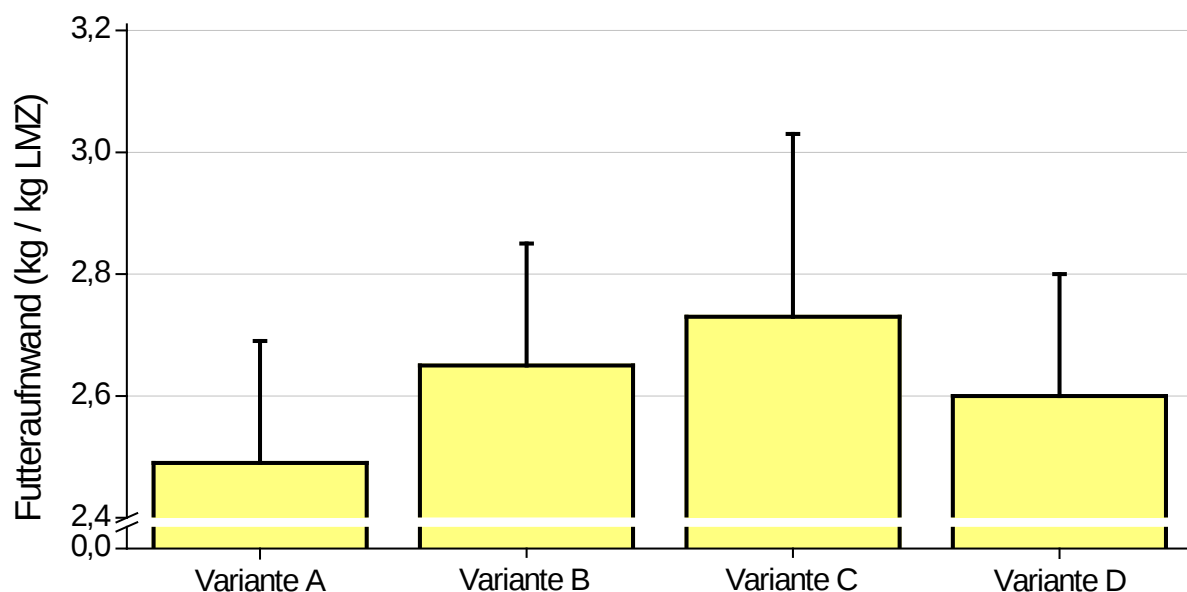


Abbildung 30: Futteraufwand der geprüften Varianten

Werden aus der mittleren täglichen Lebendmassezunahme der Mastschweine im gesamten Versuchszeitraum und dem mittleren Futteraufwand der Tiere die Mengen

an notwendigem Futter in der Mast kalkuliert, dann werden etwa 40 kg mehr Futter je Mastschwein in der Variante C gegenüber der Kontrolle (Variante A) benötigt. Nur durch die Behandlung der Rapssamen und der Ackerbohnen mittels Mikrowelle (Variante C gegenüber der Variante D) müssen etwa 15 kg mehr Futter je Tier und Mastperiode eingeplant werden (Abbildung 31).

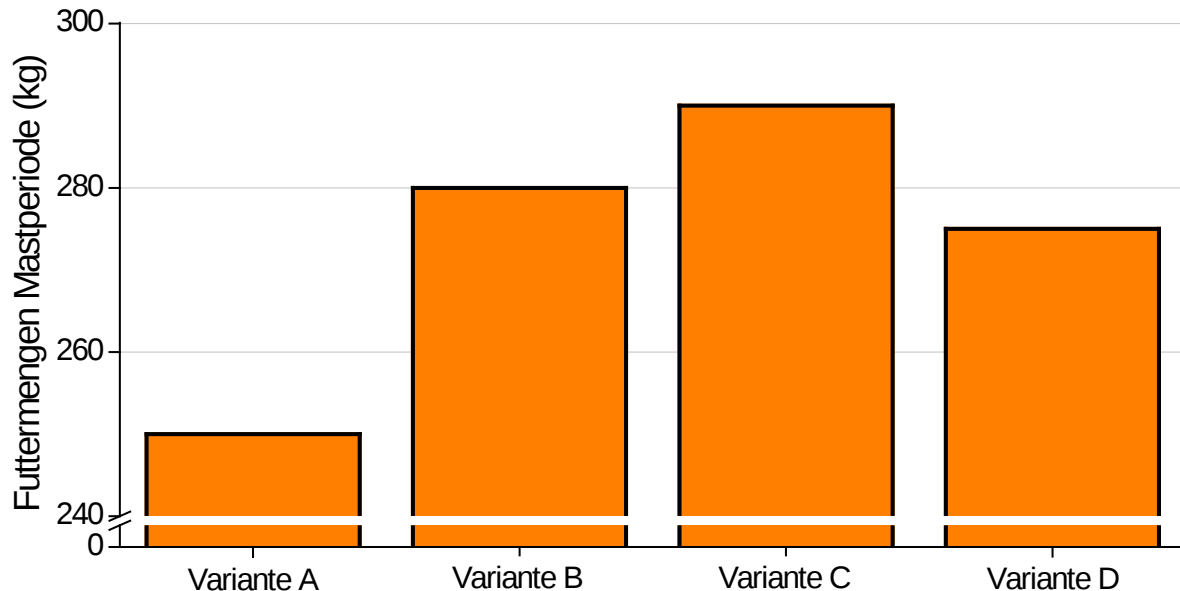


Abbildung 31: Kalkulierte Futtermengen in der Mastperiode

Für eine wirtschaftliche Betrachtung des Einsatzes der geprüften Saaten müssten die Herstellungskosten der Futtermittel durch die Behandlung mittels Mikrowelle (vor allem Arbeits- und Energiekosten inklusive der Fixkosten) zusätzlich zu den höheren Futtermengen in der Schweinemast berücksichtigt werden. Unter den Bedingungen des durchgeführten Versuches ist der Einsatz der mikrowellenbehandelten Futter nicht zu empfehlen, zumal keine Effekte auf die Schlachtkörper zu verzeichnen waren und somit auch keine Zusatznutzen erkennbar wurden.

Im Stoffwechsel der Mastschweine über den gesamten Zeitraum der Mast zeigten sich signifikante Unterschiede im Gehalt an Harnstoff (UREA) zwischen der Variante A sowie der Variante B und der Variante C (Tabelle 59), was auf eine schlechtere Verdaulichkeit des Eiweißes in der Ration zurückgeführt werden könnte. Den geringsten Gesamteiweißgehalt im Blut wiesen ebenfalls die Mastschweine der Variante C auf (negative Effekte auf die Verdaulichkeit der Eiweiße), wohingegen der Gehalt an Kreatininkinase sowie Kreatinin in der Variante C am höchsten ausgewiesen werden konnte, was auf Schäden der Niere bei den Mastschweinen deuten könnte. Die Ergebnisse der Stoffwechseldaten zeigen sehr deutlich, dass durch die Behandlung der Ackerbohnen und des Rapses eher negative Effekte auf die Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren auftraten und somit für die Tiere im Bereich der Mast eher nicht förderlich erscheinen.

Tabelle 59: Stoffwechseldaten der Mastschweine im gesamten Versuch (n=70)

Gruppe	Einheit	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
UREA	mmol/l	5,0 ^a ± 1,0	5,1 ^a ± 1,0	4,5 ^b ± 0,5	4,9 ± 0,7
Kreatinin	µmol/l	138 ± 26	135 ± 28	145 ± 28	133 ± 26
Gesamteiw.	g/l	69 ^A ± 7	66 ± 6	65 ^B ± 6	66 ± 7
ASAT	nkat/l	1.830 ± 624	1.570 ± 374	1.970 ± 1.288	1.665 ± 384
Bilirubin	µmol/l	5 ± 3	4 ± 2	5 ± 3	4 ± 2
GGT	µkat/l	0,7 ± 0,2	0,7 ± 0,3	0,9 ± 0,8	0,7 ± 0,3
AP	nkat/l	2.566 ± 618	2.921 ± 841	2.527 ± 632	2.545 ± 955
Kreatinink.	µkat/l	96 ± 57	77 ± 57	106 ^A ± 96	68 ^B ± 41

ab sind signifikant bei $p \leq 0,05$; AB sind tendenziell signifikant bei $p \leq 0,10$

Fütterungsversuch Vachdorf

Im Ökozentrum Vachdorf sollte der Einsatz von Rapssamen aus der Behandlung mittels Mikrowelle bei Mastschweinen geprüft werden. Insgesamt sollten mehr als 100 Tiere in einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe aufgestellt und in Bezug auf die Futteraufnahme der Gruppe, deren Futtermittelverwertung und die mittleren täglichen Masttagszunahmen analysiert werden. Abschließend sollten die Ergebnisse der Klassifizierung der Einzeltiere in die Auswertungen einbezogen werden. Zu Beginn stand die Zulassung für den Einsatz der mikrowellen-behandelten Futtermittel durch die Kontrollstelle im Vordergrund. Aufgrund Verschiebungen im Versuchsbeginn und den technischen Abläufen im Werk Wormstedt der BASU wurde der Versuch im Herbst 2014 abgesagt.

Schlussfolgerungen

Insgesamt kann aus dem Einsatz mikrowellen-behandelter Ackerbohnen und Rapssamen während der Schweinemast folgendes abgeleitet werden:

1. Bei einer vergleichbaren mittleren täglichen Lebendmassezunahme der Tiere zwischen den 4 Varianten wiesen die Varianten mit mikrowellen-behandeltem Futter den schlechtesten Futteraufwand auf. Die um bis zu 40 kg höheren Futtermengen (kalkuliert) in der Variante mit dem mikrowellen-behandeltem Futter gegenüber der Kontrolle sollten beim Einsatz dieser Futtermittel unbedingt berücksichtigt werden. Ein Einsatz der mikrowellen-behandelten Futtermittel ist daraus ableitend abzulehnen.
2. In Bezug auf die Schlachtleistung der Tiere als auch der Fleischqualität konnten keine Unterschiede zwischen den geprüften Varianten nachgewiesen werden. Vor diesem Hintergrund wäre der Einsatz mikrowellen-behandelter Ackerbohnen und Rapssamen nicht schädlich.
3. Im Stoffwechsel der Mastschweine zeigte sich durch die geringeren Harnstoffwerte und geringeren Gesamteiweiß-Gehalte eine etwa ungünstigere Verwertung des Rohproteins und der Aminosäuren, was die Nieren als Ausscheidungsorgan belasten könnte (Kreatinin und CK). Vor diesem Hintergrund ist der Einsatz mikrowellen-behandelter Futtermittel fraglich.

Insgesamt kann abgeleitet werden, dass bei einem Anteil an Ackerbohnen von 15 % und Rapssamen von 5 % eine etwas geringe Lebendmassezunahme der Tiere bei einer deutlichen Verschlechterung des Futteraufwandes beobachtet werden konnte, wobei der Effekt des höheren Futteraufwandes durch die Behandlung der Futtermittel mittels Mikrowelle nochmals verschärft wurde. Unter den geprüften Bedingungen erscheint ein Einsatz solcher Futtermittel als nicht lohnend.

7 Fütterungsversuche Milchrinder

Ziel des durchgeführten Fütterungsversuches ist der Einsatz von mikrowellen-behandeltem Rapssamen (etwa 800 g/d und Kuh) im Austausch gegenüber einem geschützten Futterfett mit einem Anteil SES in der Ration. Dabei soll die Hypothese, dass die Futteraufnahme, die Milchleistung sowie die Milchinhaltsstoffe, die Fruchtbarkeit sowie die Gesundheit der Tiere gegenüber der Kontrollration vergleichbar sind, geprüft werden. In einer für alle Kühe gleich langen Phase nach der Kalbung (bis zum 35. Tag post partum) verbleiben alle Tiere unter einheitlichen Fütterungs- und Management-Bedingungen. Danach werden die Milchkühe zufällig der Kontroll- oder Versuchsgruppe zugeteilt. Danach beginnt über einen Zeitraum von mindestens 50 Tagen die Prüfung des Effektes des Austausches des Futterfettes und eines Teiles des SES gegenüber dem behandelten Rapssamen. Die beiden zu prüfenden Rationen unterschieden sich nach aktuellem Stand in den wesentlichen Eckpunkten der Futtermittel-Analyse nicht (Tabelle 60).

Tabelle 60: Ausgewählte Kennzahlen der Futterrationen der Kühe der Kontroll- und Versuchsgruppe (n=6 Beprobungen)

	TM (g/kg FM)	XP (g/kg TM)	XF (g/kg TM)	XA (g/kg TM)
Kontrollgruppe	494	157	152	73
Versuchsgruppe	457	156	156	69

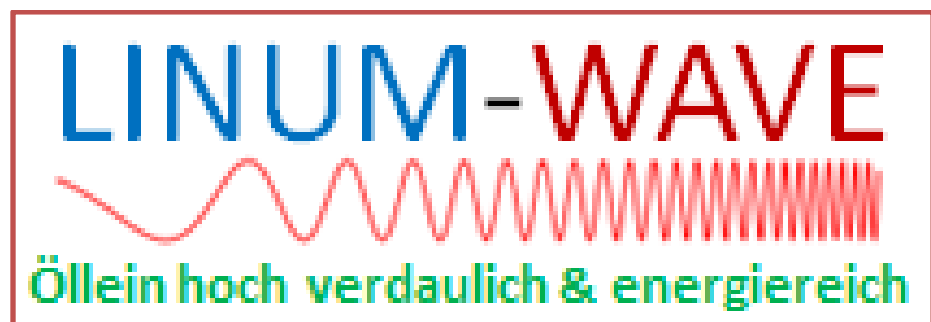
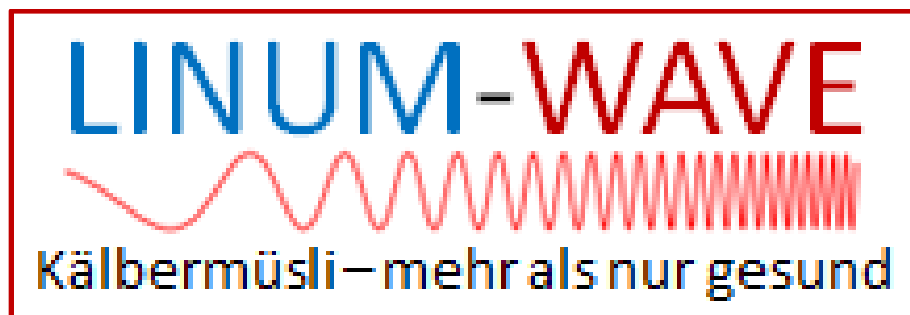
Aufgrund des höheren Anteiles an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Rapssamen sollte das Milchfett auch einen höheren Anteil MUFA und PUFA enthalten. Die Untersuchungen zur Analyse der Milchfett-Qualität an der TLL Jena sind derzeit noch nicht abgeschlossen. Interessant sind in jedem Fall die Entwicklung der Milchmenge je Kuh und Tag und die Darstellung der Milchqualität, denn in der LWG Förtha werden neben den monatlichen Milchkontrollen im 14tägigen Intervall zusätzliche Milchproben zur Analyse in der TLL Jena gewonnen. Daraus kann nach Ende der Datenerfassung ein umfassendes Bild der Wirkungen der mikrowellen-behandelten Rapssamen auf vor allem die Qualität des Milchfettes abgeleitet werden.

Stoffwechsel-Analysen runden die Aussagen ab, allerdings lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes noch keine Ergebnisse in Bezug auf die beiden Gruppen vor. Im Rahmen der Untersuchungen werden die Parameter BHB, Harnstoff, Cholesterol, ASAT, NEFA und Bilirubin bestimmt. Die ersten 3 Stoffwechsel-Kontrollen bei den Milchkühen in der LWG Förtha zeigen jedoch im Mittel aller Tiere erhöhte Gehalte an ASAT und GLDH, was auf eine stärkere Belastung der Leber der Kühe hindeuten könnte. Hier sind jedoch weiterführende Analysen und die Zuordnung der Tiere in die beiden Gruppen erforderlich, um mögliche Effekte der Futterrations darzustellen oder auszuschließen.

Die Ergebnisse des Fütterungsversuches bei den Milchkühen werden nach dem Ende der Untersuchungen ausgewertet und dann der Fachpresse zur Verfügung gestellt. Die TLL Jena und die anderen Kontrollbehörden erhalten nach der Fertigstellung der Ergebnisse ebenfalls eine Kopie der verfassten Berichte.

8 Fütterungsversuche Kälber

Bei den Kälbern sollten im Rahmen des Projektes etwa 100 Tiere ab dem KO-Bereich über 50 Tage mit etwa 1 kg eines neu zu entwickelnden Spezialfuttermittels gefüttert werden (in mehreren Unternehmen), wobei die Zusammensetzung erst im Verlauf der Untersuchungen erstellt werden sollte. Dabei sollten entsprechend des Port Folios der BASU im Bereich der Kälberfütterung entweder Kälbermüslis oder Kälberpellets in den Fokus der Betrachtungen gezogen werden. Interessant wären aus diätetischer Sicht die Leinsamen gewesen. Gegen die Umsetzung sprechen derzeit die hohen Gehalte an Blausäure nach der Behandlung mittels Mikrowelle. Hier könnten andere Sorten mit geringeren Blausäure-Gehalten (evtl. auch den Effekt der Jahre mit berücksichtigen) bereits im Ausgangsmaterial hilfreich sein, denn bei den Läufern zeigte sich durch den Einsatz von (unbehandelten) Leinsamen eine geringe Durchfallquote bei den Tieren. Vor diesem Hintergrund sollten weitere Analysen zu den Effekten der Mikrowelle auf den Leinsamen durchgeführt werden und mögliche Produkte geprüft werden, wobei eine Möglichkeit der Vermarktung unter dem folgenden Logo laufen könnte:



Weiterhin wäre der Einsatz von Raps in dieser Phase der Aufzucht der Kälber sinnvoll gewesen, zumal durch die Behandlung mittels der Industrie-Mikrowelle keine Veränderung der Zusammensetzung der Fettsäuren nachgewiesen werden konnte. Hier sind ebenfalls weitere Analysen für die Ableitung der Empfehlungen anzuraten.

Aufgrund der Daten aus den Analysen der eiweißhaltigen Futtermittel sowie der Ölsaaten und den Erfahrungen aus den Versuchen bei den Schweinen („Kälber sind wie Monogaster“) wurde auf die Durchführung der Kälber-Versuche im Jahre 2015 und die Entwicklung geeigneter Futtermittel verzichtet. Die geplanten Kosten in Höhe von 4.900,00 € (4.000 € für das PHI und 900 € LKS Lichtenwalde) wurden nicht in Ansatz gebracht und sind somit auch nicht in den Abrechnungen gegenüber der TLL Jena zu finden.

9 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen und Analysen im Projekt „Herstellung von eiweißreichen Futtermitteln aus Ölsaaten und Leguminosen (GVO-frei) mit verbessertem Futterwert durch die Behandlung in einer neuen Mikrowellenanlage und anschließender Fremdfettummantelung“ können folgenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

1. Eine Verbesserung der Eiweißversorgung aus heimischen Ölsaaten und Körnerleguminosen konnte durch die Behandlung mittels Mikrowelle sowohl in den nasschemischen Analysen der Futtermittel als auch den Fütterungsversuchen bei den Läufern und den Mastschweinen nur bedingt nachgewiesen werden. Bei den Milchkühen können zur Verwertung des Eiweißes oder der Wirkungen im Tier keine Aussagen getroffen werden, da im derzeit noch befindlichen Fütterungsversuch keine Kontrollgruppe vorhanden ist (siehe Fütterungsversuche Milchkühe in diesem Bericht).
2. Beim Raps konnte eine signifikante Verminderung des Gehaltes an Glukosinolaten nachgewiesen werden, wobei die Gehaltswerte im Ausgangsmaterial zwischen 10-15 µmol/g Frischmasse aus fütterungstechnischer Sicht nur eine untergeordnete Rolle bei der Begrenzung der Einsatzmengen der Rapssamen spielen und damit zumindestens bei den Rindern nicht begrenzend wirken. Eine Reduzierung der unerwünschten Stoffe beim Raps konnte statistisch gesichert werden, wobei in der Rinderfütterung auch ohne Behandlung keine Limitierung im Einsatz des Rapssamens durch die Glukosinolate sinnvoll erscheint.
3. Die Gehalte an Blausäure im Leinsamen erhöhten sich von 187 mg/kg TM im Ausgangsmaterial auf 248 mg/kg TM nach der Behandlung mittels Mikrowelle und erreichen damit einen fast rechtlich relevanten Grenzbereich. Hier sind weiterführende Untersuchungen anzuraten. Insgesamt kann aber die Erhöhung der Energiedichte und die Verminderung der Rohfaser sowie der Detergentienfasern bei diesem Futtermittel als positiv bewertet werden.
4. Ein positiver Effekt der Behandlung mittels Mikrowelle ist die teilweise nachweisbare Verminderung der Rohfaser oder der NDF vor allem bei den Ölsaaten (Raps und Leinsamen) in den geprüften Futtermitteln. Hier können fütterungswirksame Effekte vor allem bei den Monogastern erwartet werden.
5. Positiv ist bei allen geprüften einheimischen Körnerleguminosen die Erhöhung des Gehaltes an UDP und damit für die Fütterung bei Milchkühen zu prüfen. Inwieweit eine Verminderung der Verdaulichkeit im Dünndarm auftritt, müsste durch weiterführende Analysen am Tier überprüft werden. Es sollte aber bei den Ergebnissen beachtet werden, dass die Erhöhung des UDP-Gehaltes mehrheitlich aus den Verschiebungen aus der B1- in die B2-Fraktion erfolgte und damit auf die Korrektheit der Aussagen zur Erhöhung des UDP-Gehaltes in den Futtermitteln zu überprüfen wäre.
6. Sollten die Ölsaaten Raps und Leinsamen nach einer Behandlung mittels Mikrowelle verkauft werden, sollte die Ummantelung mit Fremdfett diskutiert werden, um eine gewisse Haltbarkeit der Produkte zu gewährleisten. Aus den vorliegenden Untersuchungen können dazu jedoch keine Aussagen oder Empfehlungen getroffen werden.
7. In den Versuchen mit den Läufern zeigte sich, dass der Einsatz von 10 % Erbsen (mikrowellen-behandelt) und 5 % Leinsamen (unbehandelt) in den Rationen keine Auswirkungen auf die biologischen Leistungen der Tiere besaß. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Behandlung des Futtermittels

Erbsen mittels Mikrowelle zur Verbesserung der Eiweißversorgung der Tiere unter den geprüften Bedingungen nicht lohnend.

8. Die Mastschweine mit einem Anteil an Ackerbohnen von 15 % und den Rapssamen mit 5 % in den Rationen wiesen eine geringere mittlere tägliche Lebendmassezunahme während der Mast auf. Bei den mikrowellen-behandelten Futtermitteln in der Ration konnte ein wesentlich höherer Futteraufwand beobachtet werden, der einen Einsatz der Futtermittel nach einer Behandlung mittels Mikrowellen eher fraglich erscheinen lässt.
9. Aus den Milchviehversuchen können bisher keine Aussagen abgeleitet werden, da die Datenerhebung im Rahmen der Versuche noch bis Mitte des Jahres 2015 andauern werden.

Insgesamt kann aus den vorhandenen Daten abgeleitet werden, dass durch die Behandlung der geprüften Futtermittel mittels Mikrowelle bisher keine positiven Effekte in der Schweinefütterung erzielt werden konnten und anscheinend für die Tierart unter den geprüften Bedingungen nicht geeignet erscheinen.

Bei den Wiederkäuern könnte durch die teilweise Erhöhung der UDP-Gehalte dieser Bereich für die Gestaltung der Rationen als positiv eingeschätzt werden, wobei die abnehmende Proteinlöslichkeit auch die Verdaulichkeit der Eiweiße im Dünndarm beeinflussen könnte und beim Einsatz mikrowellen-behandelter Futtermittel berücksichtigt werden sollte. Weiterhin erscheint die Technologie der Behandlung mittels Mikrowelle aufgrund der derzeit erreichten Durchsatzmengen für die Tierart Rind als limitierend und würde derzeit keine ökonomische Effizienz erreichen.

Weiterführende Untersuchungen sind bei den verschiedenen Futtermitteln anzuraten, denn es gilt folgende Fragen abzuklären:

- Beim Raps (3 Stufen der Temperatur) und den Erbsen sowie Ackerbohnen (2 Stufen der Temperatur) kann eine bessere Wirkung der Mikrowellen mit zunehmender Temperatur beobachtet werden. Bei Erbsen und Ackerbohnen sowie den anderen Futtermitteln (Lupine, Sojabohne, Öllein) sollten hier weiterführende Analysen erfolgen, um die optimale Temperatur für den besten Effekt bei einer geringen Schädigung der futterwertbestimmenden Inhaltsstoffe zu bestimmen.
- Beim Leinsamen (Öllein) zeigten sich die Effekte der Mikrowelle auf die Verminderung der Rohfaser sowie der Detergentien bei einer signifikanten Erhöhung der Energiedichte sehr deutlich und hier sollten weiterführende Analysen erfolgen, denn der Einsatz von Leinsamen in der Versorgung der Tiere kann dadurch gerechtfertigt sein.

Die Umsetzung der Herstellung von eiweißreichen Futtermitteln für die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztier unter Nutzung der Mikrowellen-Technologie konnte durch das Vorhaben nicht realisiert werden.

10 Publizitätspflicht

veröffentlicht

WEBER, M. (2014):
Einsatz von Mikrowellen-behandelten Futtermitteln in der Ferkelaufzucht
www.llg-lsa.de

WEBER, M. (2014):
Einsatz von Mikrowellen-behandelten Futtermitteln in der Schweinemast
www.llg-lsa.de

SCHOLZ, H.; WEBER, M.; REIMANN, G. (2015):
Einsatz Mikrowellen-behandelter Futtermitteln in der Schweinefütterung
Arbeitskreis „Futter und Tierfütterung“ in Sachsen-Anhalt, Bernburg,
11.06.2015 in der LLFG Bernburg

REIMANN, G.; SCHOLZ, H.; WEBER, M. (2015):
Mikrowellen-behandelte Futtermittel und deren Einsatz in der
Schweineproduktion
5. Eiweißpflanzen-Workshop, Hochschule Anhalt, Bernburg, 19.06.2015

SCHOLZ, H.; WEBER, M.; REIMANN, G. (2015):
Gibt´s was Neues? Um den Einsatz heimischer Eiweißfuttermittel zu erhöhen,
wurde versucht, ihre Verdaulichkeit durch eine Mikrowellenbehandlung zu
steigern
BAUERNZEITUNG (2015), 42-43

SCHOLZ, H.; WEBER, M.; REIMANN, G. (2015):
Einsatz von mikrowellen-behandelten Futtermitteln – Hochverdauliche
Eiweißkomponenten für Ferkel
BAUERNBLATT Schleswig-Holstein (2015), 53-54

Weitere Veröffentlichungen zu den Ergebnissen sind geplant und sollen unter
anderem auf www.proteinmarkt.de erscheinen. Auch sollen die Ergebnisse in
speziellen Journalen der Tierernährung publiziert werden.