

**Die Silierung von Körnern der großsamigen Leguminosen als  
Methode der Konservierung und der Verbesserung ihres  
ernährungsphysiologischen Wertes für Monogastrier**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae (Dr. agr.))

an der Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Rostock

Rostock, 2012

**vorgelegt von:**

Dipl.-Ing. agr. Annett Gefrom

aus Rostock

geboren am 11.07.1978 in Berlin

**Gutachter:**

1. Gutachter:  
Prof. Dr. Annette Zeyner,  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tierernährung,  
Naturwissenschaftliche Fakultät III, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
  
2. Gutachter:  
Prof. Dr. med. vet. habil. Elmar Mohr,  
Professur Tiergesundheit und Tierschutz,  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät/ Universität Rostock
  
3. Gutachter:  
Prof. Dr. Hans Schenkel,  
Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim
  
4. Gutachter:  
Dr. Olaf Steinhöfel,  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG),  
01311 Dresden, Köllitsch

**Datum der Einreichung:** 12.09.2012

**Datum der Verteidigung:** 19.07.2013

Die Förderung der Promotion erfolgte durch ein Stipendium der H. Wilhelm Schaumann Stiftung

## **WIDMUNG**

Diese Arbeit widme ich  
meiner Familie  
besonders im Gedenken  
an meinen Großvater

Die Frage, was man alles aus Lupinen machen kann, wurde eindrucksvoll beim „Lupinenfestessen“ der Gesellschaft für Angewandte Botanik im Oktober 1918 in Hamburg demonstriert: Auf einem Tischtuch aus Lupinenfasern wurden eine Lupinensuppe, danach ein in Lupinenöl gebratenes und mit Lupinenextrakt gewürztes Lupinensteak serviert. Dazu wurden gereicht: Lupinenmargarine mit 20% Lupinenbestandteilen, Käse aus Lupineneiweiß, Lupinenschnaps und Lupinenkaffee. Erhältlich waren außerdem Lupinenseife sowie Papier und Briefumschläge mit Lupinenklebstoff.

*„Der Boden, auf dem Ackerbohnen angebaut werden, freut sich gleich, als ob er eine Düngung erhalten habe.“*

Plinius, der Ältere (23 - 79 n. Chr.)

**Inhaltsverzeichnis**

<b>KURZFASSUNG</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SCHRIFTTUM</b> .....	<b>3</b>
2.1    EINHEIMISCHE GROßKÖRNIGE LEGUMINOSEN – BOTANIK, ANBAU UND BEDEUTUNG .....	3
2.2    FUTTERWERTPOTENZIAL VON ACKERBOHNEN, ERBSEN UND LUPINEN BEI DER KÖRNERNUTZUNG .....	8
2.2.1 <i>Nutritive Inhaltsstoffe</i> .....	8
2.2.2 <i>Antinutritive Inhaltsstoffe</i> .....	13
2.2.3 <i>Energetischer Futterwert, Verdaulichkeit und Einsatzmengen in der Ration mit                     Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern bei Monogastriern</i> .....	20
2.3    KONSERVIERUNGSVERFAHREN FÜR KÖRNER GROßSAMIGER LEGUMINOSEN UND REDUZIERUNG VON ANTINUTRITIVEN INHALTSSTOFFEN .....	25
2.3.1 <i>Konservierungsverfahren bei Körnernutzung</i> .....	25
2.3.2 <i>Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen</i> .....	26
<b>3 AUFGABEN- UND ZIELSTELLUNG</b> .....	<b>31</b>
<b>4 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUM FUTTERWERTPOTENZIAL UND ZUR SILIERUNG VON ACKERBOHNEN-, ERBSEN- UND LUPINENKÖRNERN</b> .....	<b>34</b>
4.1    MATERIAL UND METHODEN.....	34
4.1.1 <i>Material, Probengewinnung und Probenaufbereitung</i> .....	34
4.1.1.1 <i>Reife, lagertrockene Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner</i> .....	34
4.1.1.2 <i>Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohen                             Restfeuchtegehalten</i> .....	34
4.1.2 <i>Prüfung der Vergärbarkeit von Körnern verschiedener Ackerbohnen-, Erbsen-                     und Lupinensorten</i> .....	36
4.1.2.1 <i>Rostocker Fermentationstest nach PIEPER et al. (1989) und ZIERENBERG (2000)</i> 36	
4.1.2.2 <i>Herstellung von Modellsilagen und Aufbereitung von Silagematerial</i> .....	39
4.1.2.2.1 <i>Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot zum Screening verschiedener                                 Milchsäurebakterienpräparate</i> .....	41
4.1.2.2.2 <i>Modellsilagen aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen-,                                 Erbsen- und Lupinenkörnern</i> .....	41
4.1.3 <i>Chemische Analysen</i> .....	42
4.1.3.1 <i>Probenaufbereitung zur Analyse</i> .....	42
4.1.3.2 <i>Charakterisierung von chemischen Silierparametern und Bestimmung der                             nutritiven Inhaltsstoffe</i> .....	43
4.1.3.3 <i>Schätzung des energetischen Futterwertes</i> .....	44
4.1.3.4 <i>Analyse der antinutritiven Inhaltsstoffe</i> .....	45
4.1.3.5 <i>Bestimmung der Gärprodukte und Veränderungen im Silierprozess</i> .....	47
4.1.4 <i>Statistische Auswertung</i> .....	49
4.2    ERGEBNISSE .....	51
4.2.1 <i>Ergebnisse zum Futterwertpotenzial großsamiger Leguminosenkörner</i> .....	51
4.2.1.1 <i>Nutritive Futterwertparameter und Schätzung des energetischen Futterwertes                             bei reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern</i> .....	51
4.2.1.2 <i>Nutritive Futterwertparameter und Schätzung des energetischen Futterwertes                             in Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt</i> .....	53

4.2.1.3	<i>Antinutritive Inhaltsstoffe in reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern</i> .....	55
4.2.1.4	<i>Antinutritive Inhaltsstoffe in mit hohen Restfeuchtegehalten geernteten Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern</i> .....	57
4.2.2.	<i>Ergebnisse zur Prüfung der Silierbarkeit von großsamigen, einheimischen Leguminosenkörnern</i> .....	59
4.2.2.1	<i>Charakterisierung der chemischen Silierparameter</i> .....	59
4.2.2.1.1	<i>Reife, lagertrockene Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner</i> .....	59
4.2.2.1.2	<i>Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner bei Ernte mit hohen Feuchtegehalten</i> .....	59
4.2.2.2	<i>In-vitro-Untersuchung zur Prüfung der Vergärbarkeit von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit Hilfe des Rostocker Fermentationstestes</i> .....	61
4.2.2.2.1	<i>Reife, lagertrockene Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten</i> .....	61
4.2.2.2.2	<i>pH-Wert-Verlauf und Gärsäurespektrum im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohen Restfeuchtegehalten</i> .....	66
4.2.2.3	<i>Auswertung der Modellsilagen zum Screening kommerziell verfügbarer Milchsäurebakterienpräparate mit unterschiedlichen Arten und Stämmen (Silierung reifer, lagertrockener Leguminosenkörner)</i> .....	69
4.2.2.4	<i>Auswertung der Modellsilagen aus mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten zur Bestimmung des für Milchsäuregärung und enzymatische Umsetzungen notwendigen Wassers</i> .....	71
4.2.2.4.1	<i>Ergebnisse zur Auswirkung der Silierung auf die Gehalte an nutritiven Inhaltsstoffen</i> .....	79
4.2.2.4.2	<i>Ergebnisse zur Auswirkung der Silierung auf die Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen</i> .....	80
4.2.2.4.3	<i>Auswirkungen verschiedener Milchsäurebakterienpräparate auf die mögliche Reduzierung antinutritiver Substanzen im Silierprozess</i> .....	83
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>86</b>
5.1	FUTTERWERTPOTENZIAL VON ACKERBOHNEN-, ERBSEN- UND LUPINENKÖRNERN .....	86
5.1.1	<i>Nutritive Futterwertparameter</i> .....	86
5.1.2	<i>Antinutritive Futterwertparameter</i> .....	89
5.2	SILIERBARKEIT VON GROBSAMIGEN EINHEIMISCHEN LEGUMINOSENKÖRNERN.....	92
5.2.1	<i>Charakterisierung der chemischen Silierparameter</i> .....	92
5.2.2	<i>In-vitro-Untersuchungen zur Prüfung der Vergärbarkeit</i> .....	98
5.2.2.1	<i>Rostocker Fermentationstest nach PIEPER et al. (1989) und ZIERENBERG (2000)</i> 98	
5.2.2.2	<i>Modellsilagen aus mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten</i> .....	101
5.2.2.2.1	<i>Auswirkungen der Silierung auf die Gehalte an nutritiven Inhaltsstoffen</i> .....	104
5.2.2.2.2	<i>Verdaulichkeit der nutritiven Nährstoffe und energetischer Futterwert</i> .....	106
5.2.2.2.3	<i>Auswirkungen der Silierung auf die Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen</i> ....	107
5.3	TECHNISCHE FRAGESTELLUNGEN ZUR VERFAHRENSGESTALTUNG DER SILIERUNG VON FEUCHTEN LEGUMINOSENKÖRNERN .....	110
<b>6</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b> .....	<b>113</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>115</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>119</b>
<b>9</b>	<b>TABELLEN-, ABBILDUNGS- UND ANHANGSVERZEICHNIS</b>	
<b>10</b>	<b>ANHANG</b>	
	<b>Thesen</b>	
	<b>Dank</b>	
	<b>Lebenslauf</b>	
	<b>Publikationen</b>	

## Kurzfassung

Körnerleguminosen bieten aufgrund ihrer hohen Protein- und Energiegehalte ein hochwertiges Futtermittel. Durch die uneinheitliche Abreife der Bestände ist zum konventionellen Erntetermin zumeist eine kostenintensive technische Trocknung der Körner notwendig. Die Silierung von feuchten Leguminosenkörnern könnte ein preiswertes und ökologisches Konservierungsverfahren für die Produktion eiweißreicher Futtermittel im konventionell und ökologisch wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieb sein. Aus technologischen Aspekten bietet die Ernte und Konservierung der noch feuchten Leguminosenkörner durch Milchsäurebakterien weitere Vorteile:

- Unabhängigkeit des Erntezeitpunktes vom Trockensubstanzgehalt
- frühe Feldräumung und damit effektivere Nutzung der Ackerflächen
- Minimierung der Feldverluste (Lager- und Druschverluste)
- reduzierte Kosten durch Einsparung der technischen Nachtrocknung

Ziel der vorliegenden Arbeit war neben den Untersuchungen zur Siliereignung die Prüfung einer möglichen Futterwertverbesserung durch die Reduzierung der Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor, Tannine). Bei durch milchsäure Fermentation nachgelagerter Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen, welche für die Pflanze gleichzeitig eine Schutzfunktion vor Krankheitserregern innehaben, könnten sich zukünftige Anbauentscheidungen verstärkt nach der phytosanitären Situation richten.

Die Untersuchungen wurden mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern verschiedener Sorten sowie mit Leguminosenkörnern verschiedener Vegetationsjahre (2005 und 2006) bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) durchgeführt. Im Ausgangsmaterial erfolgte die Bestimmung der nutritiven Futterwertparameter, ausgewählter antinutritiven Inhaltsstoffe (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor, Tannine) und der chemischen Silierparameter. Die Fermentationsstudien (Rostocker Fermentationstest nach PIEPER *et al.* 1989 und ZIERENBERG 2000 sowie der Bereitung von Modellsilagen mit 65 % und 75 % TS) erfolgten unter dem Einsatz verschiedener biologischer Silierzusätze (3 Wiederholungen pro Variante):

- Kontrolle (ohne Silierzusatz)
- Melassezusatz (2 % der Frischmasse (FM))
- Milchsäurebakterien (MSB; homofermentativ, *Lb. plantarum*;  $3 \cdot 10^5$  KbE/g FM; DSM 8862, 8866)
- kombinierte Zugabe von Milchsäurebakterien + Melasse (2 % der FM)

Neben den üblichen Gärparametern wurden die Osmolalität und die aerobe Stabilität analysiert. Anhand der Gärqualität der untersuchten Körnerschrotsilagen im Trockensubstanzbereich von 65–75 % und weiteren Ergebnissen erweist sich die Silierung als ein geeignetes Verfahren zur Konservierung. Der Zusatz von Milchsäurebakterien sichert den Gärerfolg durch eine frühe und ausgeprägte Milchsäurebildung. Die Bildung von Essigsäure und Alkohol wurde reduziert. Im hohen TS-Bereich von 75 % war die milchsäure Fermentierung eingeschränkt und das Silagematerial sollte zur sicheren Milchsäuregärung auf 65 % TS rückbefeuchtet werden. Eine Reduzierung des Phytat-Phosphor bzw. des Alkaloidgehaltes bei Lupinenschrotsilagen durch den Silierprozess konnte vorerst nicht nachgewiesen werden. Durch den Silierprozess wurden aber die ernährungsphysiologisch flatugen wirkenden Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) sowie die antinutritiv wirkenden Tannin und Phenolverbindungen in Ackerbohnen- und Erbsenschrotsilagen reduziert.

Aus den methodischen Untersuchungen zur Silierung von Körnerschrotsilagen mit hohem Restfeuchtegehalt lassen sich anhand der erzielten Ergebnisse folgende wesentliche Aussagen ableiten:

- a. Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner stellen aufgrund ihres hohen Energie- und Proteingehaltes sowie dessen Zusammensetzung ein wertvolles Futtermittel dar.
- b. Trotz ungünstiger chemischer Siliereigenschaften ist die Konservierung von Leguminosenkörnern auch im hohen Trockensubstanzbereich möglich. Die konservierende Wirkung durch Säurebildung oder CO<sub>2</sub>-Atmosphäre hängt in erster Linie vom Restfeuchtegehalt ab. Das im Körnerschrot befindliche Restwasser ermöglicht im Silierprozess enzymatische Umsetzungen der in der wässrigen Phase gelösten bzw. in suspendierter Form vorliegenden Stoffe. Eine umfassende Wirkung von pflanzeigenen und mikrobiellen Enzymen ist aufgrund der Zerkleinerung der Körner und der Einwirkzeiten während der Silierung möglich.
- c. Die Konservierung von Körnerschrot bei ca. 75 % TS ist weniger auf dem Prinzip der milchsäuren Fermentation als durch anaeroben Verhältnisse und den hohen Osmolalitäten zu begründen. Die Konservierung der Körner in diesem TS-Bereich ist über die luftdichte Lagerung möglich. Im Hinblick auf die Verfahrenssicherheit sind für die milchsäure Silierung unter Praxisbedingungen im Siliergut Restfeuchten von 35 % zu empfehlen.
- d. Erntefeuchte Körner sind problemlos auch ohne den Einsatz von Silierhilfsmitteln durch milchsäure bzw. anaerobe Konservierung lagerfähig. Der Einsatz leistungsfähiger Milchsäurebakterienpräparate erhöht die Sicherheit des Gärprozesses. Der Einsatz



zusätzlicher Zuckerquellen zur Silierung ist nicht notwendig. Leguminosen sind aufgrund der hohen Gehalte an Oligosacchariden und deren Aufschluss im Silierprozess – trotz ungünstiger chemischer Siliereigenschaften – durch Milchsäuregärung konservierbar.

- e. Die Gehalte an nutritiven Futterwertparametern sind bis auf die fermentierbaren Kohlenhydrate durch den Silierprozess nicht beeinträchtigt und so bleibt der geschätzte hohe Futter- und Energiewert von Leguminosen in den Körnerschrotsilagen erhalten. Im Rahmen der milchsäuren Fermentation erfolgt eine Reduzierung der Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen (Oligosaccharide, Tannine) und somit eine Verbesserung des Futterwertes. Eine Reduzierung des Phytat-Phosphors bzw. Alkaloidgehaltes durch den Silierprozess konnte aufgrund der unregelmäßigen Dynamik der Gehaltsgrößen vorerst nicht angenommen werden.

Die Silierung von vor der Abreife geernteten Leguminosenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt kann somit als eine geeignete Möglichkeit zur Konservierung empfohlen werden. Unter Beachtung der ökonomischen und arbeitsorganisatorischen Vorteile im Vergleich zu der diskutierten Maßnahme der chemischen Konservierung bietet die Form der milchsäuren Körnerfermentation unter anaeroben Bedingungen ein ökologisch konformes Bearbeitungsverfahren und ist daher auch für den ökologischen Landbau interessant.

**Schlüsselbegriffe:** Körnerleguminosen, milchsäure Feuchtkornsilierung, nutritive und antinutritive Inhaltsstoffe

## Abstract

Grain legumes are a high-quality animal feed due to their high protein and energy content. Due to the uneven ripeness of the stock at the usual harvesting time, a cost-intensive artificial drying of the grains is normally necessary. Making silages of moist legume grains could be a lower-cost and ecological conservation process for the production of protein-rich feed in conventional and organic farming. According to technical aspects, harvesting before full ripeness and the conservation of the moist legume grains through lactobacilli has further benefits:

- Independence of harvest date and dry matter content.
- Early field clearance and therefore a more efficient use of the land.
- Minimisation of nutrient loss (storage and threshing loss).
- Reduced costs through elimination of the artificial drying.

The aim of this work was, apart from the investigation of silaging, the examination of a possible improvement in the feed through the reduction of the quantity of antinutritional content (alkaloids, oligosaccharides, phytate phosphorus and tannins). The reduction of antinutritive content through the fermentation with lactobacilli, which provide the plants with protection against pathogens, future cropping decisions may be based more on the phytosanitary conditions. The experiments were performed with ripe, storage-dry field beans, peas and lupine grains of various varieties as well as with legume grains from different years (2005 and 2006) with a high remaining moisture content (65 and 75 % DM). The raw material was tested for nutritive feed parameters, selected antinutritive content (alkaloids, oligosaccharides, phytate phosphorus and tannins) and the chemical fermentation parameters. The fermentation studies (Rostock Fermentation Test after PIEPER *et al.* 1989 and ZIERENBERG 2000 and the preparation of model silage with 65 and 75 % DM) followed using various biological silage additives (3 repetitions per variation):

- Control (without additive)
- Molasses additive (2 % of the moist mass)
- Lactic acid bacteria (LAB, homofermentative, *Lb. plantarum*;  $3 \cdot 10^5$  KbE/g FM; DSM 8862, 8866)
- Combination of LAB and molasses (2 % of the moist mass)

Apart from the usual fermentation parameters, the osmolality and the aerobic stability were also analysed.

Based on the fermentation quality of the sampled grain meal silage in the dry mass range 65–75 % and further results, silaging is shown to be a suitable method of preservation. The addition of lactobacilli ensures the fermentation through an earlier and more comprehensive

production of lactic acid. The production of acetic acid and alcohol was reduced. Fermentation of lactic acid was limited in the high dry mass range of 75 %, and the silage material should be moistened to 65 % dry mass to ensure fermentation with lactobacilli. A reduction of phytate phosphorus or alkaloid content in lupine silage through the fermentation process could not initially be shown. However, the nutritionally flatugen acting oligosaccharide (raffinose, stachyose, verbascose) as well as the antinutritional working tannins and phenol chains in field bean- and pea-silage were reduced.

From the results of the experiments with fermented grain meal with high moisture content it is possible to draw the following conclusions:

- a.** Field beans, peas and lupine grains are a valuable feed due to their high energy and protein content and their composition.
- b.** Despite unfavourable chemical silage properties, the preservation of legume grains is possible even with a high amount of dry matter. The preservative effect of acid formation or CO<sub>2</sub>-atmosphere is primarily dependent on the moisture content. The moisture found in grain meal allows enzymes to process the substances in suspension freed in the fluid phase of fermentation. A comprehensive action of plant and microbacterial enzymes is possible due to the grinding of the grains and the duration of the fermentation.
- c.** The conservation of grain meal at ca. 75 % dry matter is more due to anaerobic conditions and the high osmolality than due to fermentation with lactobacillus. The conservation of the grains in this dry matter concentration is possible due to the airtight storage. In respect of the process safety in industrial conditions, moisture content of 35 % for lactic acid silage inputs is to be recommended.
- d.** Harvest-moist grains may be stored without problems, even without the addition of silage additives, due to lactic acid or anaerobic conservation. The addition of high-performance lactobacillus preparations increases the safety of the fermentation process. The addition of sugar sources to the fermentation is not necessary. Legumes may be conserved through lactic acid fermentation, despite suboptimal chemical silage properties, due to their high content of oligosaccharides and their decomposition during fermentation.
- e.** The content of nutritional feed value parameters are, apart from the fermentable carbohydrates, not affected by the silaging process and the high feed and energy content of legumes is maintained in the grain meal silage. During the lactic acid fermentation there is a reduction of antinutritional content (oligosaccharides, tannins) and therefore an improvement of the feed quality. A reduction of the phytate-phosphorus and alkaloid

content during the silaging can not be assumed due to the irregular dynamic of the observed content.

The fermentation of early-harvested legume grains with high moisture content can therefore be recommended as a suitable method of conservation. With respect to the economic and organisational benefits when compared to the discussed methods of chemical conservation, the lactic acid fermentation of grains under anaerobic conditions conforms to the requirements of organic agriculture and is therefore also interesting for this branch.

**Keywords:** grain legumes, lactic acid moist grain silaging, nutritional and antinutritional content

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AB</b>	Ackerbohne
<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>ADF</b>	Saure-Detergenzienfaser
<b>ADL</b>	Saure-Detergenzienlignin
<b>AL</b>	Alkohol ( $\Sigma$ aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol)
<b>ALK</b>	Alkohol
<b>aqua dest.</b>	destilliertes Wasser
<b>AS</b>	Aminosäure
<b>ASM</b>	Ausgangsmaterial
<b><math>a_w</math>-Grenze</b>	Wasseraktivitätsgrenze
<b>BBCH-Code</b>	Phänologische Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen, abgeleitet von: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
<b>BS</b>	Buttersäure
<b>c</b>	Konzentration osmotisch wirksamer Teilchen
<b>CCM</b>	Corn-Cob-Mix
<b>DLG</b>	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
<b>DM</b>	dry matter
<b>DOS</b>	verdauliche organische Substanz
<b>DSM-Nummer</b>	Deutsche Sammlung von Mikroorganismen
<b>E</b>	Erbse
<b><i>E. faecium</i></b>	<i>Enterococcus faecium</i>
<b>ES</b>	Essigsäure
<b>EW</b>	Einwaage
<b>F</b>	Verdünnungsfaktor aus (50 g Einwaage + 200 ml aqua dest.) nach BLOCK & WEISSBACH (1982): = (200 ml + (50 g - (% TS * 50 g) : 100)) : 50 g
<b>FFS</b>	Flüchtige Fettsäuren
<b>FM</b>	Frischmasse
<b>GAP</b>	Gemeinsame Europäische Agrarpolitik
<b>GC-MS</b>	Gaschromatographie
<b>GfE</b>	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
<b>GP</b>	Gesamtphenol
<b>Gesamt-P</b>	Gesamt-Phosphor
<b>Ges-N/ Gesamt-N</b>	Gesamt-Stickstoff
<b>h</b>	Stunde
<b>HCl</b>	Salzsäure
<b>HPLC</b>	High Performance Liquid Chromatography
<b>ILN</b>	Institut für Landnutzung der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät Rostock
<b>k. A.</b>	keine Angaben
<b>KbE</b>	Kolonie bildende Einheiten
<b>KCl</b>	Kaliumchloridlösung
<b>kfK</b>	keimfähige Körner
<b>KON</b>	Kontrolle
<b>konz.</b>	konzentriert
<b>KT</b>	kondensierte Tannine
<b>LAB</b>	Lactic acid bacteria
<b><i>L. angust.</i></b>	<i>Lupinus angustifolius</i>
<b>LD<sub>50</sub></b>	mittlere letale Dosis
<b><i>Lb. plantarum</i></b>	<i>Lactobacillus plantarum</i>
<b>LALLF</b>	Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg Vorpommern
<b>LM</b>	Lebendmasse
<b>IS</b>	lehmiger Sand
<b>Lsg.</b>	Lösung
<b>max.</b>	maximal

<b>ME MJ</b>	Megajoule Umsetzbare Energie
<b>MEL</b>	Melasse
<b>ME<sub>s</sub></b>	Umsetzbare Energie Schwein
<b>ME<sub>G</sub></b>	Umsetzbare Energie Hühnergeflügel
<b>min.</b>	mindestens
<b>MS</b>	Milchsäure
<b>MSB</b>	Milchsäurebakterien
<b>mval</b>	Kationenaustauschkapazität
<b>NCIMB</b>	National Collection of Industrial and Marine Bacteria, Aberdeen, Scotland
<b>NDF</b>	Neutral-Detergenzienfaser
<b>NfE</b>	N-freie Extraktstoffe (XX)
<b>NH<sub>3</sub>-N</b>	Ammoniak-Stickstoff
<b>NPN</b>	Nicht-Protein-Stickstoff
<b>NS (LJM)</b>	Niederschlag (langjährige Mittel)
<b>NSP</b>	Nicht Stärke Polysaccharide
<b>NTP</b>	Nicht-Tanninphenol
<b>n. a.</b>	nicht analysiert
<b>OS</b>	Originalsubstanz
<b>OSM/ osmol/ mosmol</b>	Osmolalität/ Milliosmol
<b><i>Ped. acidilactici</i></b>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<b>P</b>	Phosphor
<b>Phytat-P</b>	Phytatphosphor
<b>PK</b>	Pufferkapazität
<b>PS</b>	Propionsäure
<b>pV<sub>k</sub></b>	präzäkale Verdaulichkeit
<b>PVPP</b>	Polyvinylpolypyrrolidon
<b>RFO</b>	Oligosaccharide (raffinose family of oligosaccharides); Raffinose, Stachyose, Verbascose
<b>RFT</b>	Rostocker Fermentationstest
<b>RP</b>	Reinprotein
<b>SNK</b>	Student-Newman-Keuls-Test
<b>SI</b>	anlehmiger Sand
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>Tha</b>	Tausend Hektar
<b>TP</b>	Tanninphenol
<b>TS</b>	Trockensubstanz
<b>TS<sub>min</sub></b>	Mindesttrockensubstanz
<b>VDLUFA</b>	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
<b>VerfVerbG</b>	Verfütterungsverbotsgesetz
<b>VK</b>	Vergärbarkeitskoeffizient
<b>WLK</b>	wasserlösliche Kohlenhydrate
<b>WPSA</b>	World's Poultry Science Association
<b>XA</b>	Rohasche
<b>XF</b>	Rohfaser
<b>XL</b>	Rohfett
<b>XP</b>	Rohprotein
<b>XS</b>	Rohstärke
<b>XZ</b>	Rohzucker
<b>XZ<sub>MEL</sub></b>	Zucker: XZ+Melasse (2 % der FM)
<b>XZ<sub>RFO</sub></b>	Zucker + Raffinose, Stachyose, Verbascose
<b>ZMP</b>	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH
<b>Z/PK</b>	Quotient aus Zucker und Pufferkapazität

## 1 Einleitung

Weltweit werden Körnerleguminosen für die menschliche sowie die tierische Ernährung als Proteinlieferant und zur Ölgewinnung genutzt. Leguminosen wie Ackerbohnen, Futtererbsen und Lupinen stellen aufgrund ihres hohen Protein- und Energiegehaltes ein wertvolles Futtermittel dar. Seit dem Fütterungsverbot von tierischen Eiweißfuttermitteln (VerfVerbG 2001) und im Kontext der umstrittenen Importe gentechnisch veränderter Pflanzen, sowie dem Ziel der Kreislaufwirtschaft und Regionalisierung einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion, sind Körnerleguminosen als alternative heimische Eiweißpflanzen für die bedarfsgerechte Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere von besonderem Interesse.

Der für die ausgewogene Eiweiß- und Aminosäureversorgung durch pflanzliche Rohproteinträger zu substituierende Anteil des aus dem Tiermehlverbot resultierenden Eiweißdefizits in der Europäischen Union wurde nach Angaben der EU-Kommission auf ein erforderliches Äquivalent von rund 2 Mio. t Tiermehl für Futtermittel jährlich kalkuliert (ANON 2001a). Angesichts eines weltweit zunehmenden Bedarfes an Rohprotein in der Fütterung wird die Bedeutung der Eiweißergänzungsfuttermittel verstärkt zunehmen. Derzeit kann die Deckung des Proteinbedarfs landwirtschaftlicher Nutztiere in der Europäischen Union aber nur durch Importe gesichert werden. Dafür werden bis zu 65 % der Eiweißträger für die Verwendung in der Futtermittelindustrie von der EU (EU-27) vor allem in Form von Sojabohnen (12,9 Mio. t) und Sojaschrot (23,6 Mio. t) aus den USA, Brasilien und Argentinien importiert (SCHUMACHER 2006, ZINKE 2011). Als Konsequenz der steigenden Nachfrage an entsprechend kostengünstigen und qualitativ hochwertigen Proteinquellen hat die EU-Kommission (ANON 2001b) bereits darauf hingewiesen, dass in Europa der Anbau von Futterpflanzen wie einheimische Körnerleguminosen gefördert werden sollte, um dieses Proteindefizit abzubauen. Aus diesem Grund erfolgt aktuell auch eine Verstärkung der integrierten Forschung über einheimische Proteinträger zur Bedarfsdeckung landwirtschaftlicher Nutztiere und zur Zukunftssicherung in der europäischen Landwirtschaft. Obwohl langfristig der Import von Sojaprodukten weiterhin für die Proteinversorgung entscheidend sein wird, könnte durch die Erweiterung der Anbaufläche heimischer Körnerleguminosen (derzeit 1–7 % der Ackerfläche verschiedener EU-Staaten; KLIEM & HEIM 2006) die Proteinversorgung in Kombination mit einzelnen, großtechnisch gewonnenen Aminosäuren im Wesentlichen stabilisiert werden. Aufgrund ihrer vielseitig geschätzten pflanzenbaulichen Eigenschaften und positiven Vorfruchtwirkung sind sie zudem in einer ausgewogenen Fruchtfolge von großer Bedeutung. Leguminosen binden über die Symbiose mit Knöllchenbakterien beträchtliche Mengen an Luftstickstoff (LÜTKE ENTRUP *et al.* 2003).

Dieser Beitrag zur Minimierung von Umweltbelastungen (z. B. Energieverbrauch bei der Produktion von Mineraldüngern, Einfluss solcher Chemikalien auf die Umgebung, CO<sub>2</sub>-Emissionen) muss in der ökonomischen Bilanz diesen Kulturpflanzen zugerechnet werden. Bei der Körnernutzung gelten jedoch die uneinheitliche Abreife der Bestände und die dadurch mögliche erhebliche Variation des Restwassergehaltes in der Erntepartie für eine langfristige Lagerung als problematisch. Zur Vermeidung von Schimmelbildung und der für die Gesundheit der Tiere bedenklichen Mykotoxine darf bei Einlagerung der Wassergehalt im Erntegut 12 % nicht übersteigen. Die technische Trocknung ist daher das am meisten verbreitete Verfahren, um die Lagerfähigkeit zu sichern. Weiterhin steigende Energiepreise fordern alternative Verfahren der Lagerung. Durch milchsäure Fermentation von Körnern mit hohem Restfeuchtegehalt könnten die zum konventionellen Erntetermin üblicherweise anfallenden Trocknungskosten umgangen werden. Mit der Erarbeitung geeigneter Silierverfahren für Körner der großsamigen Leguminosen soll in den Landwirtschaftsbetrieben die Bereitstellung hofeigener eiweißreicher Konzentratfuttermittel ohne zusätzlichen Energieaufwand gewährleistet werden. Gemäß dem ab 2012 bestehendem Fütterungsverzicht von konventionellen Futtermitteln und synthetischen Aminosäuren in der ökologischen Tierhaltung (EG-ÖKO-VERORDNUNG 2005) kann so auf ökologisch, aber auch konventionell wirtschaftenden Betrieben die Futtermittelbasis erweitert werden.

In Bezug auf eine kostengünstige und der Arbeitsorganisation angepasste Futterbereitstellung in der ganzjährigen Stallhaltung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit geprüft, inwieweit durch milchsäure Fermentierung auch in Anbetracht der bisher praktizierten, aber aufwändigen Feuchtkonservierung mit organischen Säuren ein qualitativ hochwertiges Futtermittel gewonnen werden kann, welches den Anforderungen der bedarfs- und leistungsgerechten Nutztierfütterung entspricht und die Qualität der tierischen Erzeugnisse garantiert. Gleichzeitig wurde untersucht, ob und in welchem Umfang die in Körnerleguminosen vorhandenen Gehalte an den Futterwert mindernden Inhaltsstoffen durch pflanzliche und mikrobielle Enzymwirkung während des Silierprozesses reduziert werden. Diese sekundären Inhaltsstoffe (z. B. Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor und Tannine) haben zumeist für die Pflanze eine Schutzfunktion und unterstützen die Abwehr der Pflanze gegen Schädlinge und pathogene Mikroorganismen. Ziel ist demnach, zukünftige Anbauentscheidungen verstärkt nach der phytosanitären Situation (z. B. den Resistenzeigenschaften bestimmter Sorten) zu treffen und den Einsatz von Lupinen, Erbsen und Ackerbohnen in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere stärker zu etablieren, um somit die Verfütterung von importiertem Soja teilweise zu substituieren.



## 2 Schrifttum

### 2.1 Einheimische großkörnige Leguminosen – Botanik, Anbau und Bedeutung

Aus Sicht der botanischen Systematik gehört die Familie der Leguminosen mit ca. 600 Gattungen und über 13.000 Arten zur Ordnung der *Fabales*. Sie gliedern sich in 3 Unterfamilien, wobei die landwirtschaftlich wichtigen Arten den *Papilionoideae* (Schmetterlingsblütler) verschiedenen Gattungen zugeordnet werden (ROTHMALER 1994; SCHUSTER *et al.* 2000). In den gemäßigten Breiten werden hauptsächlich Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen als Gründüngungspflanze, zur Grünfutttergewinnung oder zur Körnerproduktion kultiviert (Anhang A1–A11). Ihre ökologische Bedeutung beruht vor allem auf der Symbiose mit Knöllchenbakterien, wodurch sie in der Lage sind, den Luftstickstoff zu fixieren. Weitere in Tabelle 1 aufgeführte botanische Merkmale sind ihnen im Anbau mit dementsprechend vorteilhaften Umweltwirkungen innerhalb der Fruchtfolge gemein. Bei Lupinen lassen sich diese z. B. gegenüber einer Getreiderotation mit folgenden ökonomischen Effekten beziffern:

Tab. 1: Botanische Merkmale von Leguminosen und daraus resultierende Effekte in der Fruchtfolge im Vergleich zu einer Getreiderotation von Weizen (LÜTKE ENTRUP *et al.* 2003; KLIEM & HEIM 2006; GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012)

botanisches Merkmal	ackerbauliche/ ökonomische Effekte
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stickstofffixierung für Folgekulturen</li> <li>○ Aufschluss schwer löslicher Mineralstoffe (Phosphat bei Lupinen)</li> <li>○ Humuslieferant durch Pflanzenreste</li> <li>○ Verbesserung der Bodengare durch tief reichende Pfahlwurzeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Einsparung von Stickstoffdünger (15–25 %)</li> <li>○ Einsparung von Mineraldünger</li> <li>○ niedrigere Herbizid- und Fungizidkosten (20–25 %)</li> <li>○ verbesserte Wirksamkeit der Unkrautregulierung durch Wechsel von Sommerungen und Winterungen, von Blatt- und Halmfrüchten</li> <li>○ Einsparungen bei Bodenbearbeitung durch pfluglose Bestellung (25–30 %); Reduktion des Verbrauchs an fossilen Energieträgern</li> <li>○ Erweiterung Kulturpflanzenspektrum; Fruchtfolgeauflockerung</li> <li>○ Unterbrechung von Infektionsketten bei Krankheitserregern; Vermeidung von unerwünschten Resistenzbildungen</li> <li>○ Entzerrung von Arbeitsspitzen, Verringerung von Arbeitsstunden, effizientere Maschinennutzung;</li> <li>○ höhere und stabilere Erträge des nachfolgenden Getreides, durchschnittlicher Mehrertrag 8 dt/ha</li> </ul>

Moderne Zuchtprogramme verfolgen das Ziel, Sorten mit hoher Ertragsfähigkeit sowie verbesserter Anbau- und Erntesicherheit zu entwickeln (ABEL *et al.* 2004). Die in Deutschland zugelassenen Sorten, deren morphologische Eigenschaften, Leistungsfähigkeit und pflanzenbauliche Ansprüche sind der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes zu entnehmen (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2004).

#### Ackerbohne (*Vicia faba*)

Zur Kultivierung als einjährige Sommer- oder Winterform benötigt die Ackerbohne ausreichende Niederschlagsmengen. Aufgrund des hohen Keimwasserbedarfes und der langen Vegetationszeit ist eine Saatgutablage (in ca. 4–6 cm Tiefe) in tiefgründigen Böden bei einer Temperatur von 2 °C schon ab Ende Februar erforderlich. Ackerbohnen zeichnen sich durch die

bis zu 1,7 m tiefe Pfahlwurzel und ihre ausgesprochene Standfestigkeit aufgrund ihres kantigen hohlen Stängels (bis 175 cm Höhe) aus. In den Blattachsen entwickeln sich ein bis fünf kurz gestielte Blütentrauben in weiß-rötlichen Farbkombinationen. Im Allgemeinen gelten bunt blühende Sorten als widerstandsfähiger als weiß blühende (ABEL *et al.* 2004). Pro Pflanze bilden sich entsprechend dem Blühverlauf bis zu 12 Hülsen, wobei die Reifestadien sehr heterogen ausfallen. Bei höchster Ertragsfähigkeit aller Körnerleguminosen, aber einer meist durch Trockenheitsintoleranz bedingten Instabilität, können die Samenerträge zwischen 30–73 dt/ha schwanken (KELLER *et al.* 1999; SCHUSTER *et al.* 2000; MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2004).

### **Erbse (*Pisum sativum*)**

Als eine der ältesten Kulturpflanzen wird diese Proteinpflanze nach wie vor als Nahrungs- und Futtermittel geschätzt. Aufgrund der guten Anpassungsfähigkeit bei guten Standortbedingungen mit hinreichender Feuchtigkeit breitete sich die Erbse weltweit aus. Durch die Kreuzung der verschiedenen Arten, Unterarten und Varietäten entstand eine große Formenmannigfaltigkeit. Charakteristisch für die Erbsen ist deren dünne, tief reichende Hauptwurzel. Im Körneranbau werden verstärkt "blattlose" oder "halbblattlose" Sorten gezüchtet, bei denen die Blätter ganz oder teilweise umgewandelt sind, da diese eine gute Standfestigkeit aufweisen (SCHUSTER *et al.* 2000). Die Aussaat sollte je nach Witterung früh im März bis spätestens Anfang April mit einer Bestandsdichte bis 90 Pflanzen pro m<sup>2</sup> in einer Tiefe von 4–6 cm erfolgen. Nach Selbstbefruchtung bilden sich aus den Blütenständen Hülsen mit je vier bis zehn Samen. Die Ernte erfolgt im Mähdrusch bei standortabhängigen und saisonal schwankenden Erträgen zwischen 50–60 dt/ha (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2004).

### **Lupine (*Lupinus ssp.*)**

In der Nomenklatur wird die Lupine zu den *Genisteeae* und schließlich zur Gattung *Lupinus L.* eingeordnet. Diese ist in ihren Genressourcen mit über 300 Arten vertreten, welche ursprünglich von zwei Genzentren, dem Mittelmeerraum und Äquatorialbereich der Kordillere (Neuwelt-Arten) stammen (SCHUSTER *et al.* 2000). Von diesem Artenspektrum werden bislang in Europa aber nur die Weiße Lupine (*Lupinus albus L.*), die Gelbe Lupine (*Lupinus luteus L.*) und aufgrund der geringeren Anfälligkeit gegenüber dem Anthraknoseerreger (*Colletotrichum gloeosporioides*) sowie der höheren Ertragsstabilität und Frühreife vor allem die Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius L.*) als einjährige Kulturformen angebaut (FRICK *et al.* 2002; ROTH-MAIER *et al.* 2004). Neben den aufgrund ihrer hohen Gehalte an Alkaloiden als Bitterlupinen benannten Sorten kommen seit den Züchtungserfolgen durch VON SENGBUSCH im Jahr 1927 hauptsächlich bitterstoffarme Süßlupinen in der Nutztierfütterung zum Einsatz (VON SENGBUSCH

1930, 1931). Die Vegetationszeit bei Lupinen beläuft sich auf Ende März bis Anfang September, wobei Ernteerträge von 20–60 dt/ha (Weiße Lupine), 15–20 dt/ha (Gelbe Lupine) und 20–45 dt/ha (Blaue Lupine) erwirtschaftet werden können (EICKMEYER 2006). Gegenüber Erbsen und Ackerbohnen weist vor allem die Blaue Lupine geringere Standort- und Niederschlagsansprüche auf und eignet sich auch für den Anbau auf sandigen Grenzstandorten.

### **Anbau und Bedeutung einheimischer Leguminosen**

Im Öko-Landbau finden Körnerleguminosen als Gründüngungspflanze und im Feldfutterbau als einheimische Proteinträger bereits seit längerer Zeit Verwendung. Bedingt durch die Agrarreform 2001, mit dem damit verbundenen Verzicht auf die Verwendung von Tiermehl in der Nutztierfütterung, veränderte sich die Marktsituation, was eine erhöhte Nachfrage nach alternativen pflanzlichen Proteinträgern und eine Ausweitung des Körnerleguminosenanbaus in Europa zur Folge hatte. Aufgrund der schwierigen Vermarktungsbedingungen und instabiler Erträge der Hülsenfrüchte werden vorwiegend andere Eiweißpflanzen kultiviert und so bleibt im Vergleich zu anderen Fruchtarten das Anbauspektrum von Leguminosen – allerdings mit stark regionaler Differenzierung – insgesamt auf niedrigem Niveau bzw. ist in den letzten 10 Jahren zurückgegangen. Im Jahr 2011 wurden noch auf knapp 100.000 Hektar Eiweißpflanzen angebaut, vor allem Erbsen, Süßlupinen und Ackerbohnen, das ist weniger als 1 % der Ackerfläche Deutschlands. Gut die Hälfte entfällt auf Erbsen (56.000 ha), danach folgen Süßlupinen (22.000 ha) und Ackerbohnen (17.000 ha). Die Anbaufläche ist damit seit 1998 um zwei Drittel zurückgegangen (GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012). In den Jahren 2008 und 2009 hatten alle Arten der Körnerleguminosen mit insgesamt 80 Tha die geringste Anbaufläche. Der Futtererbsenanbau befand sich für das Jahr 2008 auf einem Tiefstand von 48 Tha. Da Ackerbohnen bedingt durch ihre Trockenheitsintoleranz um bessere Ackerstandorte konkurrieren, war auch hier eine Verringerung der Anbaufläche zu verzeichnen. Lupinen werden vorwiegend in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt angebaut. Auch bei Lupinen war im Vergleich der Jahre, unter Berücksichtigung regionaler Differenzierungen, der Anbauschwerpunkte ein klarer Rückgang zu verzeichnen. Im Jahr 2010 wurde erstmals wieder mehr Lupinenanbaufläche gemeldet (24,1 Tha). Gegenwärtig zeigt die Gesamtanbaufläche von Hülsenfrüchten in Deutschland wieder eine leicht zunehmende Tendenz (Tab. 2).

Die Gründe für die geringe Anbaufläche stehen klar in Korrelation zum Deckungsbeitrag von Leguminosen, da durch hohe Saatgutpreise und niedrige Erzeugerpreise kaum eine positive Gesamtbilanz kalkuliert werden kann.

Tab. 2: Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2012 (KLIEM & HEIM 2006, 2008, 2011; ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH; Statistisches Bundesamt; GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012 )

Fruchtart	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	in 1000 ha												
Ackerbohne	17,7	20,6	18,5	20,0	15,5	15,7	15,0	12,2	11,1	12,0	16,9	17,0	15,8
Futtererbse	141,3	163,6	148,4	135,9	121,5	110,3	92,7	67,7	48,0	48,4	58,7	56,0	44,8
Lupine	k. A.	k. A.	k. A.	45,6	35,8	38,6	33,0	25,2	19,9	19,3	24,1	22,0	17,8
Summe	159,0	184,2	166,9	201,5	172,8	164,6	140,7	105,1	79,0	79,7	99,7	95,0	78,4

k. A.: keine Angaben

Hervorgerufen durch die aktuellen gesetzlichen Vorgaben zu einer von der Produktion entkoppelten Flächenzahlung (EG VERORDNUNG Nr. 1782/ 2003), wird in der Pflanzenproduktion ein steigender ökonomischer Druck verursacht. Gleichzeitig reduziert das steigende Angebot von günstigen Nebenprodukten wie Rapsextraktionsschrot, Schlempen oder Rapskuchen aus der in den letzten Jahren ausgeweiteten Bioenergiegewinnung aus Pflanzen den Anreiz für einen zusätzlichen Anbau von Proteinpflanzen für die Futterproduktion. Der wirtschaftliche Nachteil von Leguminosen konnte bisher durch Förderung der EU-Agrarpolitik wie der Eiweißpflanzenprämie (55,57 €/ha) nicht wettgemacht werden (GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012). Die Agrarumweltprogramme der zweiten Säule gemäß PLANAK-Beschluss vom Februar 2010 stellen zwar für Eiweißpflanzen in Deutschland einen Anreiz dar, werden jedoch nur von wenigen Bundesländern angeboten, so dass dieses Instrument bislang nicht ausreichend wirkt (KLIEM & HEIM 2011).

Deutschland deckt seit Jahrzehnten einen erheblichen Anteil seines Bedarfes an proteinhaltigen Futtermitteln aus Importen, vor allem Sojaschrot. Heute werden in Deutschland etwa 3,0 Mio. Tonnen Rapsschrot und 5,0 Mio. Tonnen andere Ölschrote, vor allem Sojaschrote, verfüttert (GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012). Derzeit beansprucht Deutschland etwa 1,2 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche für Eiweißpflanzen außerhalb der EU (ANON 2012). Die Diskussionen über den Import von gentechnisch veränderten Eiweißträgern, Ertragsrisiken und Preisschwankungen bei Soja sowie den zukünftigen Anspruch der Soja produzierenden Länder zur eigenen Verwertung im Bioenergiemarkt untermauern die Argumentation für die Maximierung des Selbstversorgungsgrades mit hochwertigem Protein durch den Anbau heimischer Pflanzen. Hier bieten Körnerleguminosen ein vielschichtiges Potenzial zur Substitution von Soja, dessen Anbau in Europa aufgrund klimatischer Bedingungen nicht in dem Maße ausgeweitet werden kann. Bei prognostiziertem Anstieg der Weltbevölkerung und höherem Eiweißbedarf eröffnen sich für Ackerbohnen, Erbsen und Lupinensorten neue Einsatzbereiche, die bei erhöhter Rentabilität das Einkommen der Produzenten verbessern werden. Die monetäre Bewertung von Körnerleguminosen muss daher in Anbetracht der ökonomischen Entwicklung konkurrierender

und begrenzter Märkte beurteilt werden, so dass sie bei geringen Direktkosten durch die niedrige Intensität des Produktionsmitteleinsatzes, bei Entzerrung der Arbeitsspitzen im Anbau und bei weiteren Einsparungen in der Folgekultur durch die positive Vorfruchtwirkung eine Anbaualternative darstellen (Tab. 1; KLIEM & HEIM 2006). Durch den wissenschaftlichen Informationsgewinn, z. B. über wesentliche Inhaltsstoffe und die effiziente Nutzung und Verarbeitung mit Hilfe neuer Technologien, kann das Potenzial von Körnerleguminosen darüber hinaus weiter ausgebaut werden. Einer Ausweitung des Anbauumfanges von derzeit 1–7 % der Ackerfläche innerhalb wie außerhalb Europas auf 15–25 % würde laut KLIEM & HEIM (2006) nichts entgegenstehen.

Als wesentliche übergeordnete Fragestellung gilt, ob nach 2013 eine Besserstellung der heimischen Körnerleguminosen im Rahmen der nächsten Finanzierungsperiode der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP) erreicht werden kann. Möglichkeiten zur Förderung des heimischen Körnerleguminosenanbaus ergeben sich sowohl aus dem aktuellen Diskussionsstand zur Einführung von Ressourcenschutzprogrammen („Greening“), um in den Genuss der vollständigen Direktzahlungen der ersten Säule zu gelangen, als auch aus dem aktuellen Diskussionsstand zur Umsetzung von landwirtschaftsnahen Agrarumweltprogrammen der zweiten Säule gemäß GAP. Mit einer Verabschiedung der Vorschläge für die künftige Agrarpolitik ist nicht vor 2013 zu rechnen (KLIEM & HEIM 2011).

Verbände fordern, dass aus agrarpolitischer Sicht der Eiweißpflanzenanbau im Rahmen des „Greening“ in der GAP-Reform 2014 bis 2020 berücksichtigt werden sollte. Folgende Maßnahmen zur Steigerung des Eiweißpflanzenanbaus werden als dringend erforderlich angesehen (GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012):

- Anreize für Eiweißpflanzen im Zuge der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik 2014–2020,
- langfristig angelegte Stärkung der Agrarforschung als Basis für die Pflanzenzüchtung,
- Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes der Wertschöpfungskette von der Forschung über die Züchtung bis hin zu Anbau und der Vermarktung bzw. Verarbeitung,
- Verbesserung der Rahmenbedingungen für Innovationen in der Pflanzenzüchtung.

## 2.2 Futterwertpotenzial von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen bei der Körnernutzung

### 2.2.1 Nutritive Inhaltsstoffe

Die wertbestimmenden Futterparameter der großsamigen Leguminosen, wie sie in Tabelle 3 aufgeführt sind, entsprechen überwiegend den Anforderungen an die in der Tierernährung relevanten Kennwerte zur Versorgung mit essenziellen Nährstoffen, wie Protein und Aminosäuren, Fett und Fettsäuren, den Faserstoffen sowie dem Energiegehalt. Dennoch muss angemerkt werden, dass sie sich trotz ähnlicher botanischer Herkunft in der anteiligen Zusammensetzung der einzelnen Rohnährstoffe und demnach in ihrem Futterwert zum Teil nicht unerheblich unterscheiden. Die nach verschiedenen Referenzen erkennbare Variabilität der Nährstoffe innerhalb der Art ist verursacht durch Sortenunterschiede, Wachstumsbedingungen, aber auch der gewählten Analytikmethode.

Tab. 3: Futterwertparameter [g/kg TS] der Körner ausgewählter Leguminosenarten im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1991, ergänzt nach verschiedenen Autoren (NALLE 2009))

	Trockensubstanz [g/kg FM]	Rohasche	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NfE	Stärke	Zucker
<b>Sojaextraktionsschrot*<sup>1</sup></b>								
DLG	890	67 ±6	552 ±24	13 ±8	39 ±6	329 ±20	72 ±19	115 ±27
<b>Ackerbohne</b>								
DLG	880	39 ±6	299 ±27	16 ±6	90 ±16	556 ±32	411 ±52	40 ±10
Referenz* <sup>2</sup>	907 ±20	35 ±6,6	292 ±39	16 ±5,1	156 ±20	k. A.	418 ±4,6	40
	883–948	25–51	223–332	11–26	78–244		327–422	k. A.
<b>Erbsen</b>								
DLG	880	37 ±11	259 ±18	15 ±5	68 ±14	621 ±28	475 ±59	66 ±6
Referenz* <sup>3</sup>	888 ±17	32 ±3,3	259 ±23	15 ±5,2	73 ±17	k. A.	440 ±59	46
	856–913	24–37	193–307	8,1–27	33–118		334–511	38–46
<b>Blaue Lupine</b>								
DLG	880	38 ±6	349 ±43	55 ±7	159 ±15	399 ±39	96 ±9	54 ±5
Referenz* <sup>4</sup>	921 ±17	36 ±10	340 ±58	60 ±15	164 ±40	k. A.	4,2 ±0,3	83 ±3,5
	873–957	20–52	223–483	30–81	118–199		4,0–4,4	k. A.
<b>Gelbe Lupine</b>								
DLG	880	51 ±22	439 ±33	54 ±7	167 ±32	289 ±37	44	51
<b>Weißer Lupine</b>								
DLG	880	41 ±8	376 ±35	88 ±23	136 ±28	359 ±34	127 ±45	71 ±6

\*<sup>1</sup>Sojaextraktionsschrot aus geschälter Saat, dampferhitzt; FM: Frischmasse; TS: Trockensubstanz; k. A.: keine Angaben; NfE: N-freie Extraktstoffe; Ackerbohne\*<sup>2</sup>: THACKER (1990); BRUFAU *et al.* (1998); GOELEMA *et al.* (1999); PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); HICKLING (2003); DIAZ *et al.* (2006); PALANDER *et al.* (2006); Erbsen\*<sup>3</sup>: EASON *et al.* (1990); CANIBE & EGGUM (1997); GOELEMA *et al.* (1999); PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999); ALONSO *et al.* (2000); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); HICKLING (2003); WANG & DAUN (2004); DIAZ *et al.* (2006); PALANDER *et al.* (2006); NALLE (2009); NICOLOPOULOU *et al.* (2007); Blaue Lupine\*<sup>4</sup>: EASON *et al.* (1990); GOELEMA *et al.* (1999); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); RAVINDRAN *et al.* (2002); GLENCROSS *et al.* (2003); HICKLING (2003); TORRES *et al.* (2005); PALANDER *et al.* (2006); NALLE (2009); PRIEPKE *et al.* (2009)

### Rohprotein

Körner der großsamigen Ackerleguminosen enthalten hohe Proteingehalte, welche von Erbsen zu Ackerbohnen und Lupinen zunehmen. Bei den Lupinenarten zeichnet sich insbesondere die Gelbe Lupine durch beachtliche Proteingehalte aus. Nach JÜRGENS *et al.* (2007) unterscheiden sich die Proteinerträge und Proteinqualitäten zwischen den Lupinenarten außerdem innerhalb der Sorten sowie in Abhängigkeit vom Standort. Lupinen enthalten im Gegensatz zur Sojabohne

keine die Verdaulichkeit der Proteine einschränkende Trypsininhibitoren (PLARRE 1999), was die Proteinqualität von Süßlupinen erhöht. Insgesamt kann die biologische Wertigkeit von Erbsen-, Ackerbohnen- und Lupinenprotein durchaus mit der von Soja verglichen werden (KAMPHUES *et al.* 2004).

Die in Körnerleguminosen vertretenen Speicherproteinfraktionen bestehen vor allem aus Globulin (80–90 %) bzw. zu 10–20 % aus Albumin (CERLETTI 1983; JEROCH 1993; ABEL 1996). Globuline zeichnen sich durch ihre hohe Verdaulichkeit aus und weisen in Hinsicht auf den Lysingehalt eine ernährungsphysiologisch günstigere Zusammensetzung der Aminosäuren auf (JEROCH 1993; ABEL 1996; KNOPFE 2000; SCHUSTER *et al.* 2000).

### Aminosäuren

Die Proteinqualität wird über die Aminosäurezusammensetzung und das Verhältnis der limitierenden Aminosäuren zueinander sowie deren Verdaulichkeit bestimmt. Im Hinblick auf den Bedarf an essenziellen Aminosäuren bei Monogastriern sind die in Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen, im Vergleich zu Getreide, relativ hohe Lysingehalte (Tab. 4) ernährungsphysiologisch günstig zu bewerten (JEROCH 1993). Der prozentuale Anteil von Lysin am Rohprotein bewegt sich bei Lupinen (4,6 %) zwar unterhalb der Größenordnung von Soja (6,0 %), ist aber bei Ackerbohne (6,2 %) bzw. Erbsen (7,2 %) durchaus vergleichbar.

Tab. 4: Rohprotein und Aminosäuregehalt [g/kg TS] von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen im Vergleich zu dem von Sojaextraktionsschrot und Weizen (DEGUSSA 2001)

	Lupine (süß)			Acker- bohne	Erbsen	Weizen	Soja- extrakt.*
	Weiß	Gelb	Blau				
n	8	27	9	19	103	548	1916
Rohprotein	338	381	339	294	234	147	534
<u>essenzielle Aminosäuren:</u>							
Methionin	2,3	2,3	1,9	2,0	2,3	2,3	7,3
Cystin	4,9	5,6	4,7	3,8	3,5	3,3	8,1
Lysin	15,8	17,7	15,6	18,3	16,8	3,9	32,0
Threonin	12,0	12,6	11,1	10,1	8,8	4,1	20,7
Tryptophan	2,8	3,1	3,0	2,6	2,2	1,7	7,0
Histidin	8,5	10,0	9,0	7,5	5,7	3,3	13,9
Isoleucin	13,4	14,9	13,1	11,7	9,5	4,8	23,9
Leucin	23,0	25,7	22,4	21,1	16,6	9,4	40,2
Phenylalanin	13,0	14,5	12,8	12,3	11,1	6,6	26,7
Tyrosin	2,3	2,3	1,9	2,0	2,3	2,3	7,3
Valin	13,3	14,3	12,7	13,1	10,9	6,1	25,3
Arginin	34,1	41,3	35,9	25,7	19,9	6,8	38,9
<u>nicht essenzielle Aminosäuren:</u>							
Alanin	11,4	12,4	11,3	11,7	10,0	5,0	22,8
Asparaginsäure	33,6	37,3	33,2	31,0	26,8	7,4	61,0
Glutaminsäure	69,7	79,9	70,2	45,5	38,3	41,0	94,9
Glycin	13,8	15,2	13,8	12,2	10,1	5,8	22,6
Prolin	14,0	15,1	13,5	11,6	9,3	14,1	26,5
Serin	16,4	18,2	16,4	13,5	10,9	6,6	26,8

\* Sojaextraktionsschrot (geschält)

Neben den ausreichenden Gehalten an Lysin und Arginin bleibt nach Auswertung von Literaturangaben (DEGUSSA 2001) dennoch anzumerken, dass die Proteinqualität von Körnerleguminosen durch einen geringen Tryptophangehalt und vergleichsweise niedrige Mengen an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin, Cystin) gemindert wird (GATEL 1994; WIRYAWAN & DINGLE 1996; WANG & DAUN 2004). Natürliche Quellen für Tryptophan sind dabei nur in geringem Umfang vorhanden und synthetisches Tryptophan ist im Vergleich zu Methionin sehr teuer (GATEL 1994). Da entsprechend der praxisüblichen Getreide-/ Sojaration Lysin in der Relation der Aminosäuren meist erstlimitierend ist, wird z. B. für Schweine das ideale Aminosäurenverhältnis für eine optimale Verwertungsrate auf der Bezugsbasis von Lysin mit einer Relation von 0,53–0,56 (pVk Methionin + Cystin) : 0,63–0,66 (pVk Threonin) und 0,18 (pVk Tryptophan) orientiert (GfE 2006). Im Vergleich des Threoningehaltes zwischen Sojaextraktionsschrot und Lupinen ist die Relation zu Lysin bei Lupinen günstig zu bewerten (ROTH-MAIER *et al.* 2004). Nach Einschätzung von ABEL (1996) ist bei Gegenüberstellung von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern das Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren zueinander bei Lupinenkörnern ausgeglichener als bei Ackerbohnen und Erbsen (Tab. 5).

Tab. 5: Aminosäurenverhältnis zwischen Lysin, Methionin + Cystin, Threonin und Tryptophan von Körnerleguminosen und Weizen (berechnet, DEGUSSA 2001)

Lysin = 1	GfE 2006* <sup>1</sup>	Lupine			Ackerbohne	Erbsen	Weizen	Sojaex.* <sup>2</sup>
		Weiß	Gelb	Blau				
Methionin + Cystin	0,53–0,56	0,46	0,45	0,42	0,32	0,35	1,44	0,48
Threonin	0,63–0,66	0,76	0,71	0,71	0,55	0,52	1,05	0,65
Tryptophan	0,18	0,18	0,18	0,19	0,14	0,13	0,44	0,22

\*<sup>1</sup> Relation nach präzäkaler Verdaulichkeit (GfE 2006); \*<sup>2</sup> Sojaextraktionsschrot

Insbesondere bei Lupinen kommt hier auch nach ROTH-MAIER *et al.* (2004) die sortenspezifische Variabilität zum Tragen, da aufgrund des Methioningehaltes Gelbe Lupinen eine bessere Aminosäureversorgung als Weiße und diese eine bessere als Sorten der Blauen Lupine gewährleisten. Geringe Gehalte an Methionin und Cystin können die Eiweißwertigkeit der Leguminosensamen als Futtermittel in ihren Substitutionseigenschaften mit bestimmten Futtermitteln limitieren, aber unter Beachtung des summarischen Bedarfs an Aminosäuren kann wiederum die kombinierte Fütterung der Überversorgung mit Methionin in Getreide-/ Sojarationen entgegenwirken. Aus ökonomischen und diätetischen Gründen kann die Zugabe von Leguminosen den geringeren Lysingehalt in Getreiderationen ergänzen und bei ausreichender Menge an Thioaminosäuren die Proteinwertigkeit beider Komponenten wesentlich verbessern (SCHUSTER *et al.* 2000). Im Hinblick auf ein ausbalanciertes Aminosäurenmuster sowie die präzäkale Verdaulichkeit von Aminosäuren in der Ration können durch adäquate Supplementierung synthetischer Aminosäuren Stickstoffüberschüsse vermieden und die N-Ausscheidung minimiert werden (KIRCHGESSNER 2004).



## **Fette**

In reifen Erbsen- und Ackerbohnsamen ist der Fettanteil mit 1–2 % der TS ähnlich gering wie in Sojaextraktionsschrot. Die Fettfraktion erzielt nur in Lupinen, insbesondere in Weißen Lupinen, ein nennenswertes Niveau von 5–9 % der TS (Tab. 3). Somit verfügen Lupinensamen über ein beachtenswertes Energiepotenzial (WASILEWKO & BURACZEWSKA 1999; BELLOF *et al.* 2004). Als ernährungsphysiologisch wertvoll ist in pflanzlichen Fetten besonders der Anteil von 60–90 % ungesättigten Fettsäuren einzuschätzen, wobei nach ABEL (1996) und JÜRGENS *et al.* (2007) das Potenzial von Leguminosenkörnern für die Fütterung vorrangig durch die in der Fettsäurezusammensetzung hochwertigen Anteile an Linol-, Öl- und Linolensäure mit essenzieller Funktion hervorzuheben ist. Weiße Lupinen verfügen über einen hohen Anteil an Ölsäure, gefolgt von Linolsäure (ERBAS *et al.* 2005), während Blaue Lupinen mehr Linol- als Ölsäure aufweisen. JANSEN & JÜRGENS (2008) führen die Variation in der Fettsäurezusammensetzung Blauer Lupinen mit 19,5 % gesättigten Fettsäuren, 32,4 % einfach ungesättigten und 48,1 % mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf.

## **Kohlenhydrate**

Die Kohlenhydratmatrix der Leguminosenkörner setzt sich allgemein aus löslichen und unverdaulichen Fraktionen zusammen und nimmt den weitaus umfangreichsten Anteil der Inhaltsstoffe von 30–65 % der Originalsubstanz (OS) ein (FRANKE 1997; PFOERTNER & FISCHER 2001; TIWARI *et al.* (2011); Anhang A12–A16). Die anteilige Ausprägung der fraktionellen Zusammensetzung unterliegt aber zwischen den Arten und Sorten einer starken Variation.

Leguminosensamen beinhalten mit ca. 4–7 % der TS nur geringe Gehalte an Zucker (Tab. 3). Die Stärkegehalte unterscheiden sich in Leguminosenkörnern erheblich, wobei die hohen Stärkegehalte in Ackerbohnen- und Erbsenkörnern vergleichbar mit Weizen sind. Somit sind diese Leguminosen nicht nur als Proteinalternative zu betrachten, sondern auch als ausgesprochene Energielieferanten in der Ration einzuordnen. Der Stärkeanteil in Lupinen wie auch in Sojabohnen ist nach DLG-Angaben (ca. 10 % der TS) als sehr gering zu bezeichnen. Nach MOHAMED & RAYAS-DUARTE (1995), WHITE *et al.* (2002), WRIGLEY (2003) und JANSEN *et al.* (2006) sind Lupinen mit 1–3 % der TS nahezu stärkefrei. Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) sind demnach Hauptbestandteil der Kohlenhydrate in Lupinen. Die Funktion von Reservepolysacchariden übernehmen nach AL-KAISEY & WILKIE (1992) bei Lupinen Galactane (Galactose-Polymere).

Unter den NSP sind die Polysaccharide (1,3 bzw. 1,4-beta-Glucane, Pentosane) und anderen Substanzen wie Hemicellulosen und Pektine, welche durch ihre Bindungsstruktur leichter löslich sind, bzw. der unlösliche Celluloseanteil und Lignin zusammengefasst (KAMPHUES *et al.* 2004).

Für den Einsatz von Körnerleguminosen bei Monogastriern ist deren hoher Gehalt an pektinartigen NSP, Hemicellulosen und Oligosacchariden zu beachten, welcher ernährungsphysiologisch negativ wirkt und den Futterwert senkt. Aufgrund der fehlenden Verdauungsenzyme im Organismus können die NSP nur bakteriell bei begrenzter Enzymkapazität im Dickdarm des Monogastriers aufgeschlossen werden. In Abhängigkeit von ihrer chemischen Zusammensetzung und vom Löslichkeitsverhalten der NSP werden Resorptionsprozesse von hochverdaulichen Nährstoffen über den so genannten Käfigeffekt bzw. der flatogenen Wirkung beeinträchtigt, was zu entsprechend geringeren Gehalten an Umsetzbarer Energie und Leistungsdepressionen führt (MURPHY 1973; STEENFELDT *et al.* 2003). Bei Körnerleguminosen ist die Struktur der NSP im Vergleich zu Getreide sehr komplex aufgebaut und besteht vorwiegend aus einer Mischung pektinartiger Substanzen im Kotyledon (CARRE *et al.* 1985; CHOCT 2006). In Lupinenkernen sind diese Pektinstoffe aus einer Mischung von 1,4-beta-Galactan und Verbindungen von D-Galactose, L-Arabinose, L-Rhamnose und Galakturonsäure aufgebaut (CARRE *et al.* 1985; SMITS & ANNISON 1996). Cellulose und Xylane sind hingegen Bestandteil der Samenhülle. Das Verhältnis der individuellen NSP-Fractionen differiert im Vergleich der Grobleguminosen (PETTERSON 1998; KLUGE *et al.* 2002). So ist der Rohfasergehalt generell recht hoch, aber im Vergleich zu Ackerbohnen und Erbsen vor allem bei den Lupinen sehr hoch (Tab. 6).

Tab. 6: Gehalte an Gerüstsubstanzen [g/kg TS] der Körner ausgewählter Leguminosenarten im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1991, verschiedene Autoren)

		Trockensubstanz	Rohfaser	NDF	ADF	ADL	NSP
		[g/kg FM]			[g/kg TS]		
Sojaextrakt.* <sup>1</sup>	DLG	890	39 ±6	202	k. A.	k. A.	160–220
Ackerbohne	Referenz* <sup>2</sup>	907 ±20 883–948	156 ±20 88–244	197 ±61 142–313	118 ±20 78–141	k. A. 3,2–13	k. A. 190–209
Erbsen	Referenz* <sup>3</sup>	888 ±17 856–913	73 ±17 49–118	180 ±37 77–230	96 ±28 33–145	k. A. 0,2–2,2	k. A. 149–347
Blaue Lupine	Referenz* <sup>4</sup>	921 ±17 873–957	164 ±40 118–199	258 ±36 189–307	199 ±40 131–258	k. A. 8,5–28	350 ±33 251–467
Gelbe Lupine	Referenz* <sup>5</sup>	880	167 ±32	225 ±13	189 ±7	33 ±23	241
Weißer Lupine	Referenz* <sup>5</sup>	880	136 ±28	243 ±11	216 ±24	36 ±13	274

ADF: Saure-Detergenzienfaser; ADL: Saure-Detergenzienlignin; FM: Frischmasse; k. A.: keine Angaben; NDF: Neutral-Detergenzienfaser; NSP: Nicht-Stärke-Polysaccharide; TS: Trockensubstanz; \*<sup>1</sup> Sojaextraktionsschrot (geschälte Saat, dampferhitzi): SIMON & VAHJEN (2004); STALLJOHANN (2012); \*<sup>2</sup> Ackerbohne: THACKER (1990); SMULIKOWSKA & CHIBOWSKA (1993); GDALA & BURACZEWSKA (1997); KNUDSEN (1997); BRUFAU *et al.* (1998); FLIS *et al.* (1999); GOELEMA *et al.* (1999); PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); HICKLING (2003); DIAZ *et al.* (2006); \*<sup>3</sup> Erbsen: EASON *et al.* (1990); ENGLYST & HUDSON (1996); SMITS & ANNISON (1996); CANIBE & EGGUM (1997); GDALA *et al.* (1997); BASTIANELLI *et al.* (1998); KLUGE *et al.* (1998); PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999); KNUDSEN (1997); PERIAGO *et al.* (1997); GOELEMA *et al.* (1999); VAN BARNEVELD (1999); ALONSO *et al.* (2000); SMULIKOWSKA *et al.* (2001); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); HICKLING (2003); WANG & DAUN (2004); ANGUITA *et al.* (2006); DIAZ *et al.* (2006); NICOLOPOULOU *et al.* (2007); NALLE (2009); \*<sup>4</sup> Blaue Lupine: EASON *et al.* (1990); ALLOUI *et al.* (1994); SMITS & ANNISON (1996); GDALA *et al.* (1997); GOELEMA *et al.* (1999); VAN BARNEVELD (1999); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); RAVINDRAN *et al.* (2002); GLENCROSS *et al.* (2003); HICKLING (2003); NALLE (2009); PRIEPKE *et al.* (2009); \*<sup>5</sup> Weißer/ Gelber Lupine: ALLOUI *et al.* (1994); KLUGE *et al.* (2002)

## Mineralstoffe und Vitamine

Die Mineralstoff- und Vitamingehalte in Leguminosenkörnern sind denen von Getreide ähnlich. Die Gehalte an Eisen und anderen Mineralstoffen sind bei Körnerleguminosen hoch (TIWARI *et al.* 2011). Insgesamt sind die Gehalte an Kalzium und Natrium etwas niedriger und liegen im Vergleich z. T. unter den Gehalten von Sojaextraktionsschrot, so dass bei Einsatz von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen auf ausreichende Ergänzung in der Ration nach den entsprechenden Konzentrationsnormen zu achten ist (Tab. 7). Im Gegensatz dazu weisen die Körnerleguminosen hohe Phosphor- bzw. Magnesiumgehalte auf (JEROCH 1993). Das ernährungsphysiologisch wichtige Element Phosphor liegt jedoch bis zu 60 % in der für den Organismus schwer verdaulichen Form von Phytat vor (GRIFFITHS & THOMAS 1981), was die Verfügbarkeit insbesondere bei wachsenden Monogastriden stark senkt. So beträgt die Konzentration an verdaulichem Phosphor für Schweine bei Erbsen 1,9 g/kg TS (BELLOF *et al.* 2004). Da Phytinsäure auch komplexe Bindungen mit z. B. Kalzium, Magnesium oder Zink eingeht, sollte der Zusatz von Phytase Standard in Leguminosenrationen sein. Aus dem geringen Ca-Gehalt ergibt sich ein ernährungsphysiologisch ungünstiges Ca : P-Verhältnis. Bei Nichtwiederkäuern wird ein Verhältnis von 1,5 : 1 bis 1 : 1 gefordert (SCHUSTER *et al.* 2000). Die Spurenelementgehalte sind bis auf Mangan, welches vor allem in Weißen Lupinen stark akkumuliert vorliegt, zumeist niedrig (ROTH-MAIER *et al.* 2004). Verhältnismäßig günstige Gehalte liegen beim Vitamin-B Komplex vor. Insgesamt entsprechen die Vitamingehalte von Lupinen etwa denen von Getreide (TIWARI *et al.* 2011).

Tab. 7: Mineralstoffgehalte [g/kg TS] in Leguminosenkörnern im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1973; MAKKAR *et al.* 1997; WASILEWKO & BURACZEWSKA 1999; PETERSEN 2002; MOSENTHIN & STEINER 2005; BÖHM 2007; STALLJOHANN & MÖLLERING 2008)

Mineralstoff	Lupine (süß)			Ackerbohne	Erbsen	Sojaextraktions- schrot*
	Weiß	Gelb	Blau			
Rohasche	41	51	38	39	37	67
Kalzium	1,8–4,0	1,8–3,3	1,8–3,7	1,0–2,1	0,9	2,8
Phosphor	2,9–5,8	4,9–9,6	2,7–6,2	4,5–7,2	3,4–5,0	7,1
Kalium	k. A.	9	8	13	11	k. A.
Natrium	k. A.	k. A.	k. A.	0,18	0,25	k. A.
Magnesium	k. A.	2,4	1,7	1,8	1,3	k. A.

Sojaextraktionsschrot (geschält); k. A.: keine Angaben; TS: Trockensubstanz

### 2.2.2 Antinutritive Inhaltsstoffe

Neben den Futterwertparametern müssen im Hinblick auf die Verfütterung die in den Körnern der Leguminosen meist nur in geringen Konzentrationen vorkommenden, aber für den Einsatz hinderlichen antinutritiven Substanzen mit leistungsmindernden bzw. gesundheitsgefährdenden Stoffwechselwirkungen Beachtung finden. Für die Pflanzen haben diese sekundären Inhaltsstoffe meist eine Schutzfunktion vor Fraßschädlingen (Herbivore, Insekten, Vertebraten) und pathogenen Mikroorganismen (Pilze, Bakterien, Viren) oder dienen dem Anlocken von Insekten,

der Verteidigung und dem UV-Schutz (WINK 1985, 1992a; DEL PILAR VILARINO *et al.* 2005). In Tabelle 8 sind einige der in den Samen von Hülsenfrüchten vorkommenden Stoffgruppen mit antinutritiver Wirkung aufgeführt.

Tab. 8: Antinutritive Inhaltsstoffe mit leistungsmindernder und gesundheitsgefährdender Wirkung in Körnerleguminosen (JEROCH 1993, erweitert)

Stoffgruppe	chem. Verbindung	Wirkung	Vorkommen
Alkaloide	Sparteïn, Lupinin, Lupanin, Hydroxylupanin, Angustifolin	Leberschädigung, Atemlähmung, Futteraufnahmesenkung	Bitterlupinen, in Süßlupinen nur Spuren
Antivitamine		Aktivitätsminderung von Niacin	Ackerbohnen
Glucoside	Vicin, Convicin (Pyrimidin-Glucoside) $\alpha$ -Galactoside	Störung des Fettstoffwechsels, verminderte Legeleistung, Schlupfleistungsdepressionen Flatulenz – Störung der Verdauungsvorgänge	Ackerbohnen Lupinen, Erbsen Ackerbohnen,
Phenol- derivate	Tannine	Futteraufnahmesenkung, Hemmung proteolytischer Enzyme, herabgesetzte Proteinverdaulichkeit	Ackerbohnen, Erbsen
Phytinsäure		Beeinträchtigung der Mineralstoffverfügbarkeit bei Monogastriden	Ackerbohnen <sup>1</sup> , Erbsen <sup>2</sup> , Lupinen <sup>3</sup>
Proteine	Lektine (Phytohämagglutinine) Proteaseinhibitoren	Koagulierung der Erythrozyten, Beeinträchtigung körpereigener Abwehrmechanismen trypsinhemmende Wirkung, Pankreashypertrophie und -plasie, Wachstumsdepression	Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen
Saponine		Tympanie auslösend, hämolysierende Wirkung	Ackerbohnen <sup>1</sup> , Erbsen, Lupinen

<sup>1</sup> MAKKAR *et al.* (1997); <sup>2</sup> FREDRIKSON *et al.* (2001); <sup>3</sup> TRUGO *et al.* (1993)

## Alkaloide

Alkaloide sind stickstoffhaltige Verbindungen und gehören zu den giftigsten Pflanzeninhaltsstoffen. Aufgrund der sehr wirksamen Substanzen können bereits geringe Dosen spezielle physiologische Wirkungen verursachen. Die in Lupinen vorzugsweise vorkommenden Alkaloide gehören nach der Molekülstruktur zur Gruppe der Chinolizidinalkaloide (PETTERSON 1998; ANZFA 2001; WINK 2003). In den Körnern domestizierter Lupinen sind die in Tabelle 9 aufgeführten im komplexen Alkaloidgemisch auftretenden Hauptalkaloide, deren Profil sich entsprechend der Lupinen-Gattung zusammensetzt, von besonderem Interesse (WINK 1992b). Lupinenalkaloide werden in allen Pflanzenorganen lokalisiert, wobei die Konzentration und individuelle Variation ebenso von entsprechenden Pflanzengewebe wie jahreszeitlichen bzw. tagesrhythmischen Parametern abhängen kann (WINK & WITTE 1984; WINK 1992b; LEE *et al.* 2006). Die einzelnen Alkaloide unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Toxizität. Für Sparteïn wurde z. B. ein geringerer LD<sub>50</sub> bei Mäusen nachgewiesen als für Lupanin (WINK 1994).

Tab. 9: Alkaloidfraktionen in Weißen, Gelben und Blauen Lupinen (WINK 1992b)

Lupine	Alkaloidfraktion und -anteil
Weiß:	Lupanin (50–80 %), Multiflorin (3–10 %), 13-Hydroxylupanin (5–15 %), Albin (5–15 %)
Blau:	Lupanin (50–80 %), Angustifolin (5–20 %), 13-Hydroxylupanin (10–20 %)
Gelb:	Lupinin (40–70 %), Sparteïn (30–50 %)

Alkaloide werden besonders im reproduktiven Gewebe der Samen angereichert (WINK 1984b). Vorwiegend werden Spartein, Lupinin und Lupanin akkumuliert. Bitterlupinensamen können erhöhte Gehalte bis 4,5 % der TS enthalten (MARQUARD 2000; RÖMER 2007). Ackerbohnen- und Erbsensamen speichern hingegen kaum Alkaloide (VETTER 1995; AUFHAMMER 1998). In Abhängigkeit ihrer charakteristischen Toxizität schädigen Alkaloide im Organismus u. a. das Zentralnervensystem und den Atmungsapparat (WALDROUP & SMITH 1989; BIRK 1994). Aktuelle Richtlinien schreiben daher bei Süßlupinen, die als Futtermittel Verwendung finden, einen maximalen Gesamtalkaloidgehalt von 0,05 % vor (GARCIA 1984; JEROCH 1993; ROTH-MAIER *et al.* 2004). Nach der ANZFA (2001) wird ein Grenzwert von 0,2 g Alkaloid/kg für Lupinen im Foodbereich ausgewiesen. Durch Hybridisierung mit alkaloidarmen Varianten konnte der Alkaloidgehalt marktfähiger Süßlupinen auf unbedenkliche Mengen von ca. 0,01 % verringert werden (VON SENGBUSCH 1930, 1931; ROTH-MAIER *et al.* 2004). Damit werden Intoxikationen ausgeschlossen. Die Geschmacksbeeinträchtigung kann die Futteraufnahme jedoch weiterhin negativ beeinflussen, wobei Schweine sehr empfindlich reagieren. PEARSON & CARR (1977), GODFREY *et al.* (1985), BELLOF & SIEGHART (1996) und ALLEN (1998) definieren einen experimentell ermittelten Toleranzwert bei monogastrischen Tieren von bis zu 0,03 % Alkaloiden in der Futtermischung. Jedoch auch weit geringere Gehalte (200 mg/kg) können Futteraufnahme und Wachstum bei landwirtschaftlichen Nutztieren beeinträchtigen (PEARSON & CARR 1977; GODFREY *et al.* 1985).

Der Alkaloidgehalt marktfähiger Süßlupinen liegt dabei zwischen 130–150 mg/kg. Durch den Umwelteffekt auf die Akkumulation von Alkaloiden können die Gehalte in Lupinenkörnern allerdings erheblich variieren. SUJAK *et al.* (2006) geben Schwankungen zwischen 0,05–0,24 % der TS an. Ziel zukünftiger Pflanzenzuchtprogramme ist ein stabiler, ausreichend geringer Alkaloidgehalt in Lupinensorten. Andererseits fungieren Alkaloide als Bestandteil des natürlichen Abwehrmechanismus' der Pflanze gegen mikrobielle und herbivore Fraßfeinde (WINK 1992a; BIRK 1994). Bei hohem Schaderregerdruck könnte der Anbau bitterer Lupinensorten gegenüber den weniger resistenten Süßlupinen (WINK 2002) von Vorteil sein.

### **Oligosaccharide**

Ein wesentliches Merkmal der Leguminosensamen ist der hohe Anteil an Oligosacchariden, insbesondere vom Typ der  $\alpha$ -Galactoside. Oligosaccharide setzen sich aus Saccharose und Galactoseeinheiten durch glycosidische Verknüpfungen zu Raffinose, Stachyose und Verbascose zusammen (TÄUFEL *et al.* 1962; SAINI & GLADSTONES 1986). JEROCH *et al.* (1999) und KIRCHGESSNER (2004) beschreiben Oligosaccharide als Moleküle, die aus zwei bis zehn Monosaccharideinheiten aufgebaut sind. Diese wasserlöslichen, schwer verdaulichen Zucker mit

geringem Molekulargewicht (DEY 1985) werden in der Literatur als RFO's (raffinose family of oligosaccharides) bezeichnet. Während der Abreife werden sie vorwiegend in den Kotyledonen und weniger in der Samenschale zum Schutz vor Trockenheit und für die spätere Embryoentwicklung akkumuliert (NEWTON & HILL 1983; HORBOWICZ & OBENDORF 1994).

In Leguminosensamen handelt es sich bei den Oligosacchariden hauptsächlich um Raffinose, Stachyose und Verbascose (Tab. 10). Die Gesamtgehalte werden für Ackerbohnen mit rund 5 %, bei Erbsen zwischen 4,5–7,5 % und Lupinen mit 7–15 % der TS angegeben (WISEMAN & COLE 1988; PIOTROWICZ-CIESLAK *et al.* 1999; MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* 2005). Die einzelnen Oligosaccharidfraktionen sind für die Leguminosenarten charakteristisch, wobei WANG & DAUN (2004) und MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* (2005) auf die deutliche Sortenvariabilität hinweisen.

Tab. 10: Gehalte an Saccharose und Oligosacchariden [g/kg TS] in Leguminosenkörnern

	Lupine (süß)			Ackerbohne <sup>3</sup>	Erbsen <sup>4</sup>	Soja <sup>3</sup>
	Weiß <sup>1</sup>	Gelb <sup>1</sup>	Blau <sup>2</sup>			
Saccharose	11,3–24,0	21,3	18,4–38,8	23,6–27,0	24,8–34,0	63,8
Raffinose	5,5–10,0	4,2–9,4	5,6–10,3	1,2–4,0	5,0–11,2	10,6
Stachyose	49,7–56,0	47,6–53,8	21,2–41,8	7,4–16,0	20,0–25,3	41,3
Verbascose	6,0–14,0	22,8–25,5	11,8–23,4	22,8–34,0	14,0–37,0	0,7
Σ α-Galactoside	61,6–70,0	80,0–83,4	39,0–67,3	31,4	63,2	52,6

1. CUADRA *et al.* (1994); KNUDSEN (1997); KLUGE *et al.* (2002); 2. GDALA *et al.* (1997); STEENFELDT *et al.* (2003); PRIEPKE *et al.* (2009); KLUGE *et al.* (2002); 3. TROSZYNSKA *et al.* (1995); KNUDSEN (1997); 4. KNUDSEN (1997); BASTIANELLI *et al.* (1998); ALONSO *et al.* (2000); Σ α-Galactoside: Raffinose, Stachyose, Verbascose; TS: Trockensubstanz

Die ernährungsphysiologische Bedeutung liegt in der flatogenen Eigenschaft begründet, welche sich bei Verzehr höherer Konzentrationen beim Monogastrier antinutritiv auswirkt. Für die enzymatische Spaltung der Oligosaccharide ist die Art der glycosidischen Bindung der Monosaccharide wichtig. Die antinutritive Wirkung resultiert aus dem Fehlen an körpereigenen Enzymen im Verdauungssystem (α-1,6-Galactosidase) monogastrischer Tiere zum Aufschluss der α-Galactoside, so dass diese Fraktionen bakteriell im Dickdarm unter Bildung von gasförmigen Verbindungen wie Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff aufgeschlossen werden müssen (MURPHY 1973; NOWAK & STEINKRAUS 1988; BRENES *et al.* 1993; MINORSKI 2003).

### Phytat-Phosphor

Für Pflanzen beruht die physiologische Bedeutung der Phytinsäure in der Funktion als Phosphorspeicher zum Aufbau von Phosphatiden und Nukleoproteiden. Phytinsäure bildet mit Mengenelementen und Spurenelementen schwerlösliche Metallverbindungen, die als Phytate bezeichnet werden. Phytat, das Salz der Phytinsäure (Inositolphosphorsäure), ist eine zyklische Verbindung (Inositol) mit 6 Phosphatradikalen (BEIRÃO DA COSTA 1990). Während der Kornreife kommt es zur Anreicherung von Phytat in den Kotyledonen (ABEL 1996). Das ernährungsphysiologisch bedeutende Element Phosphor (P) ist demnach in Leguminosenkörnern in geringen Mengen und für den Organismus in schwer zugänglicher Form enthalten.

Der Phytatgehalt ist bei Ackerbohnen mit 35 %, bei Erbsen mit 45 % und bei Lupinen mit 50 % des Gesamt-Phosphor angegeben (DLG 1999; MOSENTHIN & STEINER 2005; STEINER *et al.* 2007). Im Gegensatz zu Soja enthalten diese Körnerleguminosen geringere Gehalte an Phytat-P (PETTERSON & FAIRBROTHER 1996; Tab. 11).

Tab. 11: Gesamt-Phosphor und Phytat-Phosphor sowie Anteil des Phytat-Phosphor am Gesamt-Phosphor in verschiedenen Leguminosenkörnern im Vergleich zu Weizen und Sojamehl

Art	Gesamt-Phosphor [% TS]	Phytat-Phosphor	Phytat-Phosphor am Gesamt-Phosphor [%]
Ackerbohne	0,31–0,72	0,16–0,39	54–68
Erbse	0,34–0,50	0,17–0,24	45–63
Blaue Lupine	0,30–0,62	0,16–0,37	52–64
Gelbe Lupine	0,51–0,96	0,55–0,57	59–66
Weißer Lupine	0,36–0,58	0,23–0,38	56–60
Weizen	0,20–0,40	0,14–0,32	66–86
Sojamehl	0,57–0,77	0,40–0,54	56–81

PETTERSON (1998); RÖMER (1998); JEROCH *et al.* (1999); SELLE *et al.* (2003); SAUVANT *et al.* (2004); WANG & DAUN (2004); MOSENTHIN & STEINER (2005); STEINER *et al.* (2007); TS: Trockensubstanz

In der Bildung der schwerlöslichen Komplexe mit Mineralstoffen und Proteinstrukturen liegt die verringerte Verdaulichkeit begründet. Phytasen können nur gelöstes Phytat hydrolysieren. Demnach ist die Löslichkeit des Phytats der entscheidende Faktor für die Nährstoffverfügbarkeit. Monogastriden verfügen hingegen kaum über die notwendige Enzymausstattung in Kropf, Magen und Dünndarm und sind v. a. auf die hydrolytische Spaltung des phytinsäuregebundenen Phosphors durch endogene Phytaseaktivität angewiesen (GRIFFITHS & THOMAS 1981; JEROCH 1993; FREDRIKSON *et al.* 2001). Phytasen sind zum einen im Samen selbst vorhanden (SILVA & TRUGO 1996; FREDRIKSON *et al.* 2001; GREINER *et al.* 2001; GREINER 2002) bzw. werden bakteriell gebildet (KONIETZNY & GREINER 2002; GREINER 2006). Allerdings ist die Aktivität endogener Phytasen bei Körnerleguminosen in den Korylodon nur schwach ausgeprägt (ECKHOUT & DE PAEPE 1994; VIVEROS *et al.* 2000; GREINER 2006; STEINER *et al.* 2007). Die Ergänzung mit anorganischen Phosphaten oder die Supplementierung von Enzymen (GREINER 2006) bzw. mikrobieller Phytase wird bisher für die ausgewogene Phosphorversorgung in Betracht gezogen.

## Tannine

Tannine gehören einer speziellen Gruppe der Polyphenolpolymere an, welche als wasserlösliche Phenole mit einem relativ hohen Molekulargewicht zwischen 500 und 3000 Dalton definiert sind und die typischen phenolischen Reaktionen zeigen (BATE-SMITH & SWAIN 1962). Tannine existieren im Pflanzenmaterial im Gemisch mit anderen phenolischen Komponenten. Aus Sicht der chemischen Eigenschaften erfolgt eine Unterteilung in hydrolysierbare (durch Enzyme in einen Zuckerrest und Phenolcarboxylsäuren spaltbar) und kondensierte Tannine (polymere

Flavonoide, auch catechische Tannine bzw. Proanthocyanidin genannt, d. h. nicht hydrolysierbare Gerbstoffe) (MAKKAR 2003; TCHONÉ 2003; HÄNSEL & STICHER 2007).

Die Tanninfraktionen zählen zu den Bitterstoffen, welche beim Monogastrier aufgrund des adstringierenden Geschmacks die Futteraufnahme herabsetzen (JEROCH *et al.* 1999; FERGUSON *et al.* 2002). In Abhängigkeit von der Polymerisation und aufgrund der reaktionsaktiven Hydroxylgruppen der Benzolringe bilden Tannine stabile Komplexbindungen mit Futterproteinen, Alkaloiden und Kohlenhydraten. Die antinutritive Wirkung resultiert aus der Inhibierung von Enzymen im Verdauungstrakt, welche eine verminderte präzäkale Verdaulichkeit und Resorption der Nährstoffe bewirkt (REDDY *et al.* 1985; ASQUITH & BUTLER 1986; LEINMÜLLER & MENKE 1991; JANSMAN 1993; ORTIZ *et al.* 1993; BHAT *et al.* 1998; KHANBABAE & VAN REE 2001; SWIECH *et al.* 2004). HEINZ *et al.* (1991) und weitere Autoren (MARQUARDT *et al.* 1977; SALUNKHE *et al.* 1990; WISEMAN *et al.* 1991; JANSMAN *et al.* 1994) weisen die antinutritive Wirkung den in Körnerleguminosen meist vorliegenden kondensierten Tanninen (Proanthocyanidine) zu. Kondensierte Tannine werden nicht hydrolysiert und über den Kot wieder ausgeschieden. Sie lagern sich aber an der Darmwand ab (REED 1995) und können zu Funktionsstörungen derselben führen, wodurch toxische Abbauprodukte der hydrolysierbaren Tannine ins Blut gelangen (ORTIZ *et al.* 1994). JANSMAN *et al.* (1993) und MOSENTHIN *et al.* (1993) beschreiben eine Schädigung der Darmschleimhaut und eine erhöhte endogene Proteinausscheidung im Ileum. Durch die Aufnahme hoher Tanninmengen können durch die geschädigte Darmwand auch kondensierte Tannine absorbiert werden, die bei Überlastung der Entgiftungsmechanismen zu Schädigungen der inneren Organe führen können (MENKE & HUSS 1987). ABEL *et al.* (2004) setzten in der Ration für Mastbroiler einen Anteil an kondensierten Tanninen (Ackerbohne) von 0,62 % bzw. in der Futtermischungen für Broilerelterntiere 0,37 % in der TS ein und vermerkten im Vergleich zur Kontrollgruppe eine ungünstige Futtermittelverwertung, einen steigenden Futteraufwand bzw. signifikant niedrigere Legeintensität, Eigewichte und Schlupfgewichte. Die Ration für Ferkel beinhaltete in Studien von JANSMAN *et al.* (1993) 0,66 % kondensierte Tannine (Ackerbohne). Die Ergebnisse des Fütterungsversuches zeigten gegenüber der tanninfreien Ration eine geringere Verdaulichkeit der Trockensubstanz, des Rohproteins, der Rohfaser sowie der Fraktionen der N-freien Extraktstoffe und der Aminosäuren. Die unterschiedlichen Tanninfraktionen sind sowohl artspezifisch innerhalb der Pflanze als auch im Leguminosenkorn sortenspezifisch manifestiert, wobei sie in größeren Mengen in den Samenschalen der Ackerbohnen und Erbsen enthalten sind (Tab. 12). Dabei sind in den Samen von bunt blühenden Ackerbohnen und Erbsensorten höhere Tanningehalte enthalten (BOND 1976; BRESSANI & ELIAS 1979; GRIFFITHS 1981; CABRERA &



MARTIN 1986; NOZZOLILLO *et al.* 1988; WISEMAN & COLE 1988; BOS & JETTEN 1989; SALUNKHE *et al.* 1990; VAN DER POEL *et al.* 1992a; DUC *et al.* 1995; REED 1995; VETTER 1995; RÖMER 1998; SMULIKOWSKA *et al.* 2001). Weiß blühende Sorten weisen somit deutlich höhere Energiegehalte und einen besseren Futterwert auf. Lupinen hingegen beinhalten zumeist nur geringe Tanningehalte (DU PONT *et al.* 1994; MARISCAL-LANDÍN *et al.* 2002; LAMPART-SZCZAPA *et al.* 2003).

Tab. 12: Tanningehalte [g/kg TS] in Leguminosenkörnern

	Lupine <sup>1</sup>			Ackerbohne <sup>2</sup>	Erbsen <sup>3</sup>	Sojabohnenmehl <sup>2</sup> (erhitzt)
	Weiß	Gelb	Blau			
Tannine	1,7–2,6	1,7–2,1	1,2–1,9	0,04–21,0	2,1–6,2	2,2

<sup>1</sup> DU PONT *et al.* 1994; <sup>2</sup> MAKKAR *et al.* (1997), n = 12; <sup>3</sup> MARISCAL-LANDIN *et al.* 2002 ; TS: Trockensubstanz

### Vicin, Convicin, Lektine, Proteaseinhibitoren und Saponine

In Leguminosenkörnern sind weitere fütterungsrelevante antinutritive Inhaltsstoffe enthalten. Dabei handelt es sich um chemische Verbindungen z. B. Lektine, Proteaseinhibitoren und Saponine. In Körnern der Ackerbohnen sind neben Tanninen die Gehalte der Pyrimidinglykoside Vicin und Convicin zu beachten (HEGNAUER & HEGNAUER 2001).

Die antinutritiven Eigenschaften beruhen z. B. auf dem bitteren Geschmack (Saponine), der Agglutinationsfähigkeit roter Blutkörperchen, der Schädigung der Darmwand (Lektine), der Proteinbindung und Bildung von unverdaulichen Komplexen (Saponine), der reduzierten Aktivität proteolytischer Enzyme (Proteaseinhibitoren) oder der hämolytischen Wirkung (Saponine). Den Pyrimidinglykosiden Vicin und Convicin werden Störungen des Fettstoffwechsels zugeschrieben (JEROCH 1993). Sie werden im Intestinaltrakt mikrobiell gespalten und können tierartspezifisch Hämolyse verursachen (ABEL 1996).

Bei der Fütterung von Monogastriern mit entsprechenden antinutritiven Inhaltsstoffen in den Diäten werden folglich negative Effekte z. B. auf die Funktion der Darmwandzellen verursacht. RUBIO *et al.* (1989) vermerkten bei mit Ackerbohnen gefüttertem Geflügel histologische Veränderungen der Intestinalzellwand des Jejunums. Des Weiteren traten Veränderungen physiologischer Parameter auf. So verursachten Proteaseinhibitoren unbehandelter Ackerbohnenkörner bei Küken Hypertrophien und Hyperplasien im Pankreas (GERTLER *et al.* 1967; MARQUARDT & CAMPBELL 1973; HUISMAN & TOLMAN 1992).

Durch die Funktionsbeeinträchtigung des Stoffwechsels wie der reduzierten Nährstoffverdauung und -absorption von z. B. Aminosäuren zeigte sich in Studien eine geringere Wachstumsleistung der Tiere (JOHNSON *et al.* 1986; PUSZTAI 1989; HUISMAN & TOLMAN 1992). Bei Legehennen wurden nach erhöhter Vicinaufnahme erhebliche Stoffwechselbeeinträchtigungen, geringere Eigewichte und -qualität sowie niedrigere Schlupfraten festgestellt (MUDUULI *et al.* 1981; NABER *et al.* 1988; HALLE 2006). Bei Zuchtsauen werden diese Inhaltsstoffe als Ursache für eine

geringere Ferkelzahl pro Wurf, eine reduzierte Milchleistung, verminderte Gehalte an Immunglobulinen sowie für ein verändertes Fettsäuremuster in der Kolostralmilch angesehen (NIELSEN & KRUSE 1974; HENRY & BOURDON 1978; DE LANGE *et al.* 2000).

Bis auf die fütterungsrelevanten Vicin- und Convicingehalte in Ackerbohnen liegen die Gehalte an Lektinen, Trypsininhibitoren und Saponinen in Ackerbohnen, Erbsen und Lupinensamen im Vergleich zu Sojabohnen deutlich niedriger (VALDEBOUZE *et al.* 1980; PRICE *et al.* 1986; PETTERSON & FAIRBROTHER 1996; MAKKAR *et al.* 1997; PETTERSON *et al.* 1997; CHEW *et al.* 2003; MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* 2006). Nach VALDEBOUZE *et al.* (1980), PETTERSON & MACKINTOSH (1994) und ERBAS *et al.* (2005) enthalten Lupinen kaum Proteaseinhibitoren. Ackerbohne und Erbsen weisen ähnlich geringe Trypsininhibitorgehalte wie getoastetes Sojaextraktionsschrot auf (WISEMAN & COLE 1988; ABEL 1996).

Die Gehalte an Lektinen und Trypsininhibitoren in Körnerleguminosen scheinen nach Aussagen von MARQUARDT *et al.* (1976), CARRE & CONAN (1989), HUISMAN & TOLMAN (1992), KONINKX *et al.* (1992) und JEROCH (1993) bei der Fütterung von Monogastriern keine Rolle zu spielen. Diese Autoren schätzen die Wirkung von Lektinen und Trypsininhibitoren in Ackerbohnen und Erbsen in Hinsicht auf den antinutritiven Effekt und die Produktionsleistung als geringfügig ein. Diese Einschätzung könnte durch die hohe Variabilität in der toxischen Wirkung unabhängig z. B. vom Lektinegehalt der Leguminosensamen begründet liegen, wobei die monogastrischen Tierarten auf die Inhaltsstoffe unterschiedlich sensibel reagieren (BIRK & PERI 1980; DE LANGE *et al.* 2000). Auch bei Untersuchungen am Schwein (GDALA *et al.* 1992) und bei Broilerküken (CARRE & CONAN 1989) konnte für eine Vielzahl von Erbsenarten keine bedeutende Korrelation zwischen der scheinbaren Stickstoffverdaulichkeit und der Trypsininhibitoraktivität festgestellt werden.

### **2.2.3 Energetischer Futterwert, Verdaulichkeit und Einsatzmengen in der Ration mit Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern bei Monogastriern**

Je nach Gehalt und ernährungsphysiologischer Qualität der Inhaltsstoffe von Leguminosenkörnern, welche wie zuvor aufgezeigt zwischen und innerhalb der Arten bzw. Sorten in weiten Bereichen variieren können, begründen sich der Futterwert und die Einsatzfähigkeit als Futtermittel für Schwein und Nutzgeflügel. Die Verdaulichkeiten der Nährstoffe und die resultierende energetische Futterbewertung sind in Abhängigkeit von der Ernährungsphysiologie der Spezies – bestimmt durch Alter, Nutzungsrichtung und Leistung – zu beurteilen. Die Verdaulichkeit der Inhaltsstoffe ist dabei auch abhängig von möglichen Inhibitoren mit antinutritiver Wirkung bzw. dem Behandlungsverfahren (ABEL 1996;

KIRCHGESSNER 2004; ROTH-MAIER *et al.* 2004). Angaben zu energetischem Futterwert und Nährstoffverdaulichkeit von Silagen aus Leguminosenkörnern fehlen bislang in der Literatur. In einer Vielzahl von Arbeiten wurden diese Parameter jedoch für die unsilierten Körner untersucht (HOFFMANN & STEINHÖFEL 2006). In Tabelle 13 sind Energiegehalte und Verdaulichkeitsparameter von Leguminosenkörnern aufgeführt.

Tab. 13: Energiegehalt und Verdaulichkeit der Rohnährstoffe beim Geflügel und Schwein sowie scheinbare präzäkale Verdaulichkeit (pVk) ausgewählter Aminosäuren von Leguminosenkörnern beim Schwein (nach verschiedenen Autoren\*<sup>1</sup>)

Tierart	Parameter	Lupine			Ackerbohne	Erbsen	Soja
		Weiß	Gelb	Blau			
Hühner- geflügel	Energiegehalt [MJ ME/kg TS]	8,0	8,3–9,6	7,8–8,2	10,7–12,2	11,0–13,4	k. A.
	Verdaulichkeit XP [%]	88	87–90	78–86	70–90	64–88	k. A.
	Verdaulichkeit XL [%]	88	65–96	76–94	49–96	43–87	k. A.
	Verdaulichkeit XF [%]	21	0–13	0–18	10–35	59–78* <sup>2</sup>	k. A.
	Verdaulichkeit XX [%]	56	0–85	0–32	73–84	k. A.	k. A.
Schwein	Energiegehalt [MJ ME/kg TS]* <sup>3</sup>	14,5	13,9–14,6	13,9–14,4	12,7–14,4	13,8–15,5	16,4
	Verdaulichkeit XP [%]	89	89	89	82	83	84
	Verdaulichkeit XL [%]	64	64	64	44	54	81
	Verdaulichkeit XF [%]	80	80	80	30	62	66
	Verdaulichkeit XX [%]	93	93	93	90	95	86
	Verdaulichkeit DOS [%]	87	87	88	81	89	83
	pVk Lysin [%]	76	79–86	83	78–92	79–85	89
	pVk Methionin [%]	65	79–87	86	66–85	70–75	86
	pVk Threonin [%]	69	74–79	82	57–82	67–77	86
	pVk Tryptophan [%]	76	72–78	83	56–71	53–70	87

DOS: verdauliche organische Substanz; k. A.: keine Angaben; pVk: präzäkale Verdaulichkeit; TS: Trockensubstanz; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XX: N-freie Extraktstoffe; \*<sup>1</sup>DLG (1991); EASON *et al.* (1990); CARRÉ *et al.* (1991); GRALA *et al.* (1993); JANSMAN *et al.* (1993); JEROCH (1993); MOSENTHIN *et al.* (1993); ABEL (1996); GDALA *et al.* (1997); BRUFU *et al.* (1998); HUGHES *et al.* (1998); FAN & SAUER (1999); PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999); WASILEWKO *et al.* (1999); KOCHER *et al.* (2000); MARISCAL-LANDIN *et al.* (2002); PETERSEN (2002); METAYER *et al.* (2003); ABEL *et al.* (2004); MIECZKOWSKA *et al.* (2004); ROTH-MAIER *et al.* (2004); PALANDER *et al.* (2006); \*<sup>2</sup> XF + XX; \*<sup>3</sup> Energiebewertung nach GfE (2006)

Die Verdaulichkeit des Leguminosenproteins liegt für Schweine bei 82–89 %. Für Hühnergeflügel ist das Rohprotein ebenso hoch verdaulich. Bei tanninreichen Ackerbohnen und Erbsensorten bzw. bei Erbsensorten mit hoher Trypsininhibitoraktivität ist die Rohproteinverdaulichkeit jedoch geringer (GUILLAUME 1978; JONDREVILLE *et al.* 1992; MARQUART 1993; ABEL *et al.* 2004; BELLOF *et al.* 2004). Trotz der hohen Verdaulichkeit (Absorbierbarkeit) ist das Rohprotein der Körnerleguminosen im Dünndarm nur relativ gering verwertbar für den Körperproteinansatz wachsender Tiere. Nach GDALA & BURACZEWSKA (1997) liegt für wachsende Schweine die Verdaulichkeit des Proteins von Erbsen und Ackerbohnen bei 70–74 %. Bei Weißen Lupinen wird für Lysin eine relativ niedrige Verwertbarkeit (Ferkel) von 0,5 im Vergleich zu Erbsen mit 0,9 angegeben (BATTERHAM *et al.* 1979, 1986; BATTERHAM 1992). Im Gegensatz dazu liegt für Küken die Verwertbarkeit von Lysin bei 0,89 (Weiße Lupinen). Nach Angaben von PASTUSZEWSKA & OCHTABINSKA (1995) liegt die Biologische Wertigkeit des Rohproteins zwischen 61–69 % bei Ratten und konnte durch Methioninergänzung bei Lupinen z. B. von 69 % auf 81 % erhöht werden. Neben den absoluten Gehalten ist die Verfügbarkeit der Proteine und damit ernährungsphysiologisch wertvoller

Aminosäuren – bestimmt durch deren präzäkale Verdaulichkeit – entscheidend. Die Verdaulichkeiten der beim Schwein wichtigsten Aminosäuren sind in Tabelle 13 dargestellt. Die Aminosäureverdaulichkeiten können in weiten Bereichen variieren, liegen aber unter der Verdaulichkeit im Vergleichsfuttermittel Soja. Herauszustellen ist vor allem bei Weißen Lupinen und Ackerbohnen die niedrigere präzäkale Verdaulichkeit von Methionin im Vergleich zu Soja, was im Zusammenhang mit den geringen Gehalten die Versorgung bei Monogastriern einschränkt (ABEL *et al.* 2004). Bei den Lupinen ist laut ROTH-MAIER *et al.* (2004) die präzäkale Verdaulichkeit von Lysin, Threonin und Tryptophan beim Schwein vergleichbar hoch wie bei Soja- oder Weizenprotein. JEZIERNY *et al.* (2010) beschreiben in ihrer Arbeit signifikante Unterschiede in der präzäkalen Verdaulichkeit der einzelnen Aminosäuren beim Schwein, wobei sich folgende Ranking ergab: Ackerbohnen < Erbsen < Lupinen (blau blühend). Für einzelne Sorten innerhalb der Körnerleguminosenarten konnten nicht nur beträchtliche Unterschiede in den Nährstoffgehalten festgestellt werden, sondern nach SIMON (2004) und JEZIERNY *et al.* (2010) spiegelten sich diese Differenzierungen teilweise auch in den ermittelten standardisierten präzäkalen Verdaulichkeiten (Schwein) für das Rohprotein und die Aminosäuren wider. Untersuchungen von KLUTH *et al.* (2005) ergaben zwischen Erbsensorten Unterschiede in der präzäkalen Verdaulichkeit der einzelnen Aminosäuren beim Geflügel um bis zu 20 %. Ähnliche Ergebnisse wurden bei Blauen Süßlupinensorten festgestellt (PRIEPKE *et al.* 2009). Speziell bei den untersuchten Ackerbohnenarten besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Tanningehalt der einzelnen Sorten und ihrer geringeren Verdaulichkeit. Offensichtlich wirken sich bereits geringe Tanningehalte von > 0,18 % der TS in der Ration deutlich negativ auf die standardisierten präzäkalen Rohprotein- und Aminosäureverdaulichkeiten beim Schwein aus (JEZIERNY *et al.* 2010).

Hohe Verdaulichkeiten für Rohfett können auch beim Hühnergeflügel erreicht werden, wohingegen die Fettverdaulichkeit beim Schwein sich nur auf 44–64 % beläuft (Tab. 13).

Die Kohlenhydratfraktionen Stärke und Zucker sind durch körpereigene Enzyme im Verdauungstrakt abbaubar. Übrige Kohlenhydrate werden nur mikrobiell gespalten. Kohlenhydrate wie Stärke und Saccharose sind bei Küken hoch verdaulich (CARRE & LACASSAGNE 1992). Lupinen enthalten hohe Gehalte an verdaulichen Zuckern. Die Stärkeverdaulichkeit in Leguminosenkörnern ist geringer als in Getreide (WEURDING *et al.* 2001; CABREJAS *et al.* 2009; CHUNG *et al.* 2009). Vermutlich sind bei Erbsen die Gehalte an Proteaseinhibitoren für die niedrigere scheinbare Verdaulichkeit der Stärke und Energie verantwortlich (PEREZ & BOURDON 1992; MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* 2006). Die ideale Verdaulichkeit der Stärke variiert bei Ackerbohnen zwischen 82–86 % und bei Erbsen zwischen

85–87 % (GDALA & BURACZEWSKA 1997). Bei Hähnchen liegt die Verdaulichkeit der Stärke von Ackerbohnen und Erbsen bei 80 % (NALLE 2009). Die geringe Verdaulichkeit resultiert nach TIWARI *et al.* (2011) und WEURDING *et al.* (2001) aus dem durch  $\alpha$ -Amylase weniger bzw. langsam hydrolysierbaren Bestandteilen der Stärke – der Amylose und dem Amylopektin. Der Amyloseanteil in Körnerleguminosen liegt zwischen 24–65 % der Rohstärke – bei Ackerbohnen 32 % (HOOVER & SOSULSKI 1986) und bei Erbsen 21–58 % (SINGH *et al.* 2010).

Die Verdaulichkeit der Rohfaser von Körnerleguminosen (Lupine > Erbse > Ackerbohne) ist beim Schwein wesentlich höher als beim Geflügel. Die Verdaulichkeit der NSP von Ackerbohnen und Erbsen liegt bei Schweinen im Bereich von 39 % bzw. 27–43 % (GDALA & BURACZEWSKA 1997). Die hohen Gehalte an löslichen und unlöslichen NSP und die Oligosaccharide in Leguminosenkörnern haben Einfluss auf die Nährstoffverdaulichkeit und Energie (MARQUARDT 1993; VAN BARNEVELD 1999). Im Vergleich zu Ackerbohnen und Lupinen sind die Energiegehalte von Erbsen aufgrund des hohen Stärkegehaltes in Untersuchungen von NALLE (2009) bei Geflügel höher (10,9–13,4 MJ ME/kg).

Im Rahmen einer leistungsgerechten Kalkulation der Ration ist der Einsatz von Körnerleguminosen unter dem Aspekt der Qualität und Quantität von nutritiven und antinutritiven Inhaltsstofffraktionen zu betrachten und die Einsatzmenge im Hinblick auf die möglichen Gehaltsschwankungen unter Einhaltung der tierartspezifischen Einsatzempfehlung zu bestimmen. Trotz entscheidender Züchtungsfortschritte hinsichtlich der Reduzierung der Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen sind Einsatzbegrenzungen aufgrund von sortentypischen und umweltrelevanten Schwankungen der Gehalte vor allem bei monogastrischen Tierarten erhalten geblieben. Die Überschreitung der formulierten Konzentrationsgrenzen in der Ration kann negative Wirkungen im Organismus hervorrufen, z. B. vermehrte Inzidenz von Erkrankungen, verschiedene Toxikosen und Krankheitsbilder, wie entzündliche Veränderungen der Darmschleimhaut mit allergischen Reaktionen und erhöhte Mortalitätsraten (JEROCH *et al.* 1999). Die empfohlenen Einsatzmengen für Körnerleguminosen bei der Fütterung von monogastrischen Tierarten sind in Tabelle 14 aufgeführt, variieren allerdings erheblich.

Tab. 14: Höchstmengen [%] für Leguminosenkörner in Rationen für monogastrische Tierarten (nach JEROCH 1993 und ROTH-MAIER *et al.* 2004)

Tierart	Lupine			Ackerbohne	Erbse
	Weiß	Gelb	Blau		
Ferkel (abgesetzt)	< 5	< 5	< 5	10-15	10
Mastschweine					
Anfangsmast (30–60 kg LM)	10–15	15–20	15–20	15–20	20
Endmast (60–100 kg LM)	15–20	15–20	15–20	15–20	20
Sauen	20–25	20–25	20–25	10	20
Broiler	15–20	20–25	15–20	15–20	20–30
Legehennen	15–20	20–25	15–20	10	20–30

LM: Lebendmasse

In zahlreichen neueren Untersuchungen wurde gezeigt, dass aufgrund der züchterischen Maßnahmen die sekundären Inhaltsstoffe soweit reduziert wurden, dass die Anhebung der Einsatzmengen in der Nutztierfütterung gerechtfertigt ist (BELLOF *et al.* 2004). Mastversuche mit Schweinen bzw. Geflügel bestätigen den erfolgreichen Einsatz von Ackerbohnen mit 20–30 % in der Ration bei entsprechender Beachtung der Aminosäurezusammensetzung (ABEL *et al.* 2004; BELLOF *et al.* 2004; KIRCHGESSNER 2004). Das Methionindefizit der Ackerbohnen lässt sich dabei durch andere Rationsbestandteile (Getreide-/ Sojaschrotmischungen) kompensieren. Insgesamt sind weiß blühende Ackerbohnsorten aufgrund der ernährungsphysiologisch höheren Verdaulichkeit vorzuziehen. Laut Untersuchungen von HALLE (2005) soll der Rationsanteil von Ackerbohnen bei Legehennen < 10 % betragen. KRATOCHVÍLOVÁ *et al.* (2006) empfehlen die Substitution von Soja durch Ackerbohnen in Weizen-Soja-Rationen aufgrund einer geringeren Wachstumsleistung der Küken mit nicht mehr als 15 % der TS.

Bei wachsenden Schweinen konnten STEIN *et al.* (2006) bis zur Endmast mit 36 % Erbsen in der Ration keine Leistungsdepressionen feststellen. Nach JEROCH (1993) sind Erbsen aus energetischer Sicht die vorteilhaftesten Körnerleguminosen für Geflügelrationen. HALLE (2005) beschreibt beim Einsatz von bis zu 40 % Erbsenanteil in der Ration für Legehennen bei entsprechender Protein- und Aminosäureergänzung keinen gesicherten Unterschied zur Kontrollgruppe.

Ein den Einsatz begrenzender Faktor in der Ernährung des Monogastriers ist der hohe Rohfaseranteil vor allem bei Lupinen, der zu einem hohen Anteil aus NSP besteht. So wirken sich die Faser- und Oligosaccharidanteile bei Geflügel nachteilig auf die Verdaulichkeit aus. Auch Schweine verfügen nicht über entsprechende körpereigene Verdauungsenzyme im Dünndarm und sind auf die mikrobielle Enzymkapazität im Dickdarmabschnitt angewiesen (KIRCHGESSNER 2004). Die dabei anfallenden energetisch verwertbaren flüchtigen Fettsäuren begründen die zusätzliche Futterenergie der Körnerleguminosen für Schweine im Vergleich zum Geflügel (ABEL 1996). Dennoch wurden in Fütterungsversuchen mit 30 % Weißen Lupinen in der Ration und Zusatz von Enzymen bei Legehennen ähnliche Leistungen wie in der Kontrollgruppe ermittelt (ROTH-MAIER & KIRCHGESSNER 1993). Fütterungsversuche mit Blauen Lupinen belegen, dass in der Schweine- und Geflügelfütterung bis zu 20 % Lupinenanteile in der Futtermischung eingesetzt werden können. Auf die Eiweißqualität (präzäkale Verdaulichkeit der Aminosäuren) ist selbstverständlich bei der Rationsplanung zu achten (SCHMIECHEN *et al.* 2011). Beim Einsatz von Körnerleguminosen in der Ration ist die ausreichende Ergänzung mit Mineralstoffen und Vitaminen zu gewährleisten (JEROCH 1993).

## 2.3 Konservierungsverfahren für Körner großsamiger Leguminosen und Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen

### 2.3.1 Konservierungsverfahren bei Körnernutzung

Körnerleguminosen werden, neben dem Anbau zur Gründüngung, als Grünfüttermittel bzw. zur Erzeugung von Ganzpflanzensilagen, zumeist im Getreide-Leguminosengemenge angebaut. Üblicherweise werden die Pflanzen zur Silierung zu Beginn der Teigreife geerntet.

Bei der Körnernutzung werden die Erntebestände oder einzelne Erntepartien aufgrund ungleichmäßiger Kornabreife (Anhang A17) und bei ungünstiger, instabiler Wetterlage in der Erntezeit häufig in einem nicht lagerfähigen Zustand (Restfeuchtegehalt > 12 %) geerntet (JEROCH 1993). Um der Kontamination des Futters mit Pilzen vorzubeugen und die Proteinqualität zu gewährleisten, also die verderbfreie und verlustarme Lagerung sicherzustellen, ist daher ein zügiger und schonender, aber kostenintensiver Trocknungsprozess notwendig. Dies kann allerdings abhängig von der Trocknungskapazität auch Engpässe in der Erntekette fördern. Weiterhin sind während der Lagerung die sekundäre Wasseraufnahme (Kondenswasser) und hohe Umgebungstemperaturen zu vermeiden.

Neben der Trocknung stehen den Futterbau- und Veredlungsbetrieben bei innerbetrieblicher Nutzung des Erntegutes die Verfahren der Feuchtkornkonservierung zur Verfügung. Durch Kühlung, gasdichte Lagerung oder chemische Konservierung wird z. B. bei Getreide auf den energieaufwändigen Wasserentzug verzichtet (KASPERSSON *et al.* 1988; SANFTLEBEN & DRESCHER 2002; JUNGBLUTH *et al.* 2005; MATTHIAS & PRIES 2006). Die gasdichte Lagerung als kostengünstige Alternative erfolgte bisher hauptsächlich durch Einlagerung und Verdichtung im Fahrsilo (FÜLL *et al.* 1997). Der Kontakt des feuchten Siliergutes mit Sauerstoff wird verhindert und es bildet sich eine Kohlendioxidatmosphäre, so dass das Getreide nicht verdirbt. Diese Methode kann allerdings nur bis zu einem maximalen Feuchtegehalt des Getreides von 20 % eingesetzt werden (EIDELSBURGER *et al.* 2006).

Da die Bedingungen für die Silierung bzw. für eine CO<sub>2</sub>-Bildung nicht optimal sind, gelten Feuchten zwischen 20 % und 30 % als kritisch (Abb. 1; ZIMMER 1985; JUNGBLUTH 1989; JUNGBLUTH *et al.* 2005). Anhand der Abbildung 1 ist der unterschiedliche Einfluss der Kohlendioxidatmosphäre und Säurebildung bei Feuchtegehalten < 30 % ersichtlich. Um den mikrobiellen Verderb der Leguminosenkörner bei Einlagerung mit Feuchtegehalten > 14 % zu verhindern, ist bei unverdichteter Lagerung ein hoher Aufwand an Konservierungszusätzen notwendig. Die Maßnahmen der chemischen Konservierung ganzer oder geschroteter Körner durch Zusätze wie Natronlauge, Propionsäure, deren Salze oder Harnstoff werden verstärkt

durchgeführt, um die Aktivität schädlicher Mikroorganismen zu unterbinden. Allerdings sind die Preise für Propionsäure stark gestiegen (ca. 1,20 €/kg). Daher liegen die Behandlungskosten

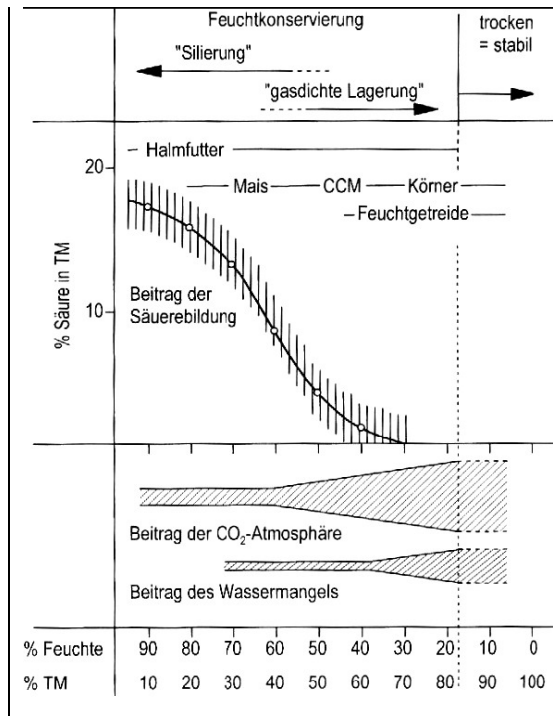


Abb. 1: Beitrag von Säurebildung, CO<sub>2</sub>-Atmosphäre in verschiedenen Feuchtigkeitsbereichen – Prinzipschema (ZIMMER 1985)

je nach Feuchtegehalt und Lagerdauer bei 5–15 €/t und das Verfahren lohnt bis zu einer Kornfeuchte von bis 25 % (THAYSEN 2009a). Des Weiteren sind spezifische Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes einzuhalten. Bei dem Verfahren mit Natronlauge sind z. B. die eingeschränkte Lagerdauer von maximal 6 Monaten und die ausschließliche Verwendbarkeit in der Wiederkäuerfütterung zu beachten. Auch mit Harnstoff konserviertes Getreide darf nur an Wiederkäuer verfüttert werden (Futtermittelverordnung, Anlage 1, Einzelfuttermittel. BGBl, I, § 596). Die Konservierung von ganzen Körnern erfolgt in der Regel im Flachlager. Bei geschrotetem Korn hat sich das Verfahren der Folienschlauchsilierung etabliert (MATTHIAS & PRIES 2006; THAYSEN 2009a, b). In verschiedenen Studien (IDLER & FUCHS 1995; SVIHUS *et al.* 1997; WOLF *et al.* 2001; PIEPER *et al.* 2006; STEINHÖFEL & WEBER 2006) wurde bereits die milchsaure Feuchtkornsilierung von Getreidekörnern bzw. Maisschrot für die Tierfütterung beschrieben, um den Kostenfaktor der technischen Trocknung zu umgehen. DUSKE (2002), FRASER *et al.* (2005a, b), FERNANDEZ-OROZCO *et al.* (2007) und THAYSEN (2009a, b) schlossen dahingehend erste erfolgreiche Studien zur Silierung von feuchtem Lupinenkörnerschrot durch Milchsäurebakterien (MSB) an. Dabei ist die natürliche Fermentation eine der ältesten und kostengünstigsten Konservierungsformen und wird für die Futtermittel- und Lebensmittelproduktion zur Qualitätserhaltung weltweit angewandt. Verschiedenste Leguminosen werden in der Lebensmittelproduktion u. a. durch milchsaure Fermentierung verarbeitet, um die Konservierung zu gewährleisten bzw. bessere Verzehreigenschaften zu erzielen (DESHPANDE *et al.* 2000).

### 2.3.2 Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen

Wie bereits beschrieben, ist der Einsatz von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen aufgrund von antinutritiven Faktoren begrenzt. In vorangegangenen Arbeiten (MEYER *et al.* 2001) wird



wiederholt auf die Fütterungsproblematik hingewiesen und die notwendige Forschungsarbeit zur Reduzierung bzw. Inaktivierung wertmindernder Inhaltsstoffe gefordert.

Zum einen wurden erfolgreich Sorten mit geringen Gehalten an antinutritiven Inhaltsstoffen gezüchtet. Da die Ausprägung dieser Gehalte aber zum Teil stark durch Umwelteffekte beeinflusst wird, sind Einsatzbegrenzungen in der Fütterung erhalten geblieben. Zum anderen kann zusätzlich durch technische Aufbereitungsverfahren (mechanisch, chemisch oder hydrothermisch) wie Wässern, Extraktion, Kochen oder Ankeimen der Gehalt an verschiedenen antinutritiven Inhaltsstoffen reduziert werden (BUTLER 1981; TRUGO 1994; BISHNOI *et al.* 1994; HURRELL 2002). Eine Kombination der Maßnahmen zur Reduzierung der antinutritiven Inhaltsstoffe wäre zu umfangreich und für die Tierernährung nicht praktikabel bzw. es würden beim Kochen entscheidende Nährstoffe verloren gehen. Demnach wird die Zugabe von Enzymen wie Phytase,  $\alpha$ -Galactosidase oder Cellulase zur Hydrolyse verschiedener antinutritiver Inhaltsstoffe praktiziert (KOCHER *et al.* 2000; FRIAS *et al.* 2003a, b). Verschiedene Studien belegen auch die Reduzierung antinutritiver Faktoren während der natürlichen Fermentation und somit eine Aufwertung des Nährstoffniveaus (ZAMORA & FIELDS 1979; REDDY & PIERSON 1994; DESHPANDE *et al.* 2000; DOBLADO *et al.* 2003; KOSTINEK *et al.* 2007). Dabei werden Milchsäurebakterien bei Lebens- und Futtermitteln vielseitig und mit hoher Effizienz nicht nur zur Konservierung, sondern auch zur Bereitstellung von gesundheitsfördernden Produkten verwendet (REDDY & PIERSON 1994). Auch Hülsenfrüchte werden für die Produktion von sauren Nahrungsmitteln mit längerer Lagerfähigkeit und zur Verbesserung der Verzehreigenschaften fermentiert (KANDA *et al.* 1976; BEUCHAT & NAIL 1978; BUCKER *et al.* 1979). Im Gegensatz zur mechanisch-chemischen Behandlung bleiben dabei wertvolle Inhaltsstoffe erhalten. DUSZKIEWICZ-REINHARD *et al.* (1994), MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* (2007), FRIAS *et al.* (2005), GRANITO *et al.* (2005) und weitere Autoren untersuchten die Auswirkungen der Fermentation von Leguminosen auf folgende antinutritive Inhaltsstoffe.

### **Alkaloide**

Alkaloide dienen während der Keimung als Stickstoffressource (WINK 1985; WINK & WITTE 1985) und werden über hydrolytisch und oxidativ wirkende Enzyme reduziert (WINK 1984b). Vermutlich können enzymatische Prozesse ebenfalls während der Fermentation wirken, um den Alkaloidgehalt zu reduzieren. Da über die Gärung die Konzentrationen verschiedener Toxine reduziert werden, vermutet WINK (1984a), dass spezifische Bakterienansprüche verwendet werden können, um während des Fermentationsprozesses die Alkaloide in Lupinensilagen zu vermindern. Dass durch die Silierung in der Milchreife befindlicher Lupinen der Alkaloidgehalt

gesenkt werden kann, deutet sich bereits in der Arbeit von MÜNTE aus dem Jahre 1931 an. In früheren Untersuchungen zur Reduzierung der unerwünschten Alkaloidgehalte wurden allerdings nur geringe Erfolge bei Ganzpflanzensilagen aus Bitterlupinen beschrieben, da sich die Substanzen wahrscheinlich relativ stabil im sauren Milieu der Silage verhalten (HOLZSCHUH & SCHMIDT 1963). CAMACHO *et al.* (1991) wiesen für *Lb. acidophilus* (B-1910) bei der Fermentation von Lupinen eine Reduzierung des Alkaloidgehaltes nach. Zwar wird aufgrund der antimikrobiellen Alkaloidwirkung von einer Inhibierung der Mikroorganismen im Silierprozess ausgegangen, HOPPER (1991) und SANTANA *et al.* (1996) berichteten jedoch von einem möglichen Entbitterungsverfahren der Lupinen, wobei die Kohlenstoffgehalte der Alkaloide den Mikroorganismen (*Pseudomonas sp.*) als Energiequelle dienen könnten und bezogen sich dabei auf TOCZKO *et al.* (1963) bzw. TOCZKO (1966), welche die Konvertierung von Hydroxylupaninen durch *Pseudomonas sp.* aufzeigten. Bei diesen Bakterien handelte es sich um Vertreter des natürlichen epiphytischen Besatzes, die zumindest in der ersten Phase des Gärprozesses von Bedeutung sein können. SANTANA & EMPIS (2001) konnten den Alkaloidgehalt in Mehl von *L. albus* durch Inkubation (4 Tage) mit *Pseudomonas sp.* um bis zu 50 % reduzieren.

### **Oligosaccharide**

Wasserlösliche Reservepolysaccharide, wie die ernährungsphysiologisch negativ zu bewertenden Kohlenhydratoligomere (Raffinose, Stachyose, Verbascose), gelten als mikrobiell fermentierbar und stehen den Milchsäurebakterien als Kohlenhydratquelle zur Verfügung (WEISSBACH 1968; PETTERSON 1998). NOWAK & STEINKRAUS (1988) stellten bei Verfütterung fermentierter Erbsen eine Reduzierung der flatugenen Wirkung fest. Nach milchsaurer Fermentation von Gartenbohnen wurden durch GRANITO *et al.* (2002) und SHIMELIS & RAKSHIT (2008) die Reduzierung von Oligosacchariden bestätigt. VIDAL-VALVERDE *et al.* (1993) konnten nach der Vergärung von Linsen Galactoside und Saccharose nicht mehr nachweisen. Auch CAMACHO *et al.* (1991) und KOSTINEK *et al.* (2007) bestätigen den fermentativen Abbau von Oligosaccharidfraktionen durch Milchsäurebakterien. Das Fermentieren von Körnern (*black beans*) mit Hilfe von Lactobacillen (*Lb. plantarum*) über den Säuerungsprozess zeigte eine Reduzierung in der Raffinosefraktion um 88 % (GRANITO & ALVAREZ 2006). TRUGO *et al.* (1993) und BARAMPAMA & SIMARD (1994) zeigten durch Fermentierung von Bohnen, dass Galacto-Oligosaccharide – vor allem Raffinose und Stachyose – mikrobiell fermentierbar sind. DUSZKIEWICZ-REINHARD *et al.* (1994) haben im Mehl von Erbsen bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 20 % nach Inkubation mit *Lb. fermentum* bzw. *Lb. plantarum* eine erhebliche Reduzierung

von Stachyose ermittelt. DOBLADO *et al.* (2003) bestätigen nach Fermentation von *Vigna sinensis* eine Reduzierung der  $\alpha$ -Galactoside um 95 %.

### **Phytat-Phosphor**

Phytat kann über die im Samen vorhandenen pflanzlichen bzw. mikrobiellen Phytasen reduziert werden (LOPEZ *et al.* 1983; FREDRIKSON *et al.* 2001). Pflanzliche Phytasen weisen ein pH-Optimum nahe 5 auf (GREINER 2002), während mikrobielle Phytasen im pH-Bereich von 2–6 ihre optimale Wirksamkeit entfalten (ANGEL *et al.* 2002). So wird bei sinkendem pH-Wert im Silierprozess vermutlich Phytase aktiviert (SVANBERG & SANDBERG 1987). Die milchsäure Fermentation von Mais, Soja, Sorghum und Linsen reduzierte nach SUDARMADJI & MARKAKIS (1977), LOPEZ *et al.* (1983), SVANBERG & SANDBERG (1987) und KOZLOWSKA *et al.* (1996) den Phytatgehalt. KAZANAS (1979), CHOMPREEA & FIELDS (1984b), MAHAJAN & CHAUHAN (1987), SHIRAI *et al.* (1994) und LOPEZ *et al.* (2000) dokumentierten dahingehend das Einwirken von Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis*) auf den Phytat-P. Nach Angaben von CAMACHO *et al.* (1991) konnten Milchsäurebakterien (*Lb. buchneri*, B-1837) den Phytatanteil bei milchsaurer Fermentation von Lupinen verringern. PIEPER *et al.* (2011) beschreiben eine höhere Phosphorverdaulichkeit in silierten Getreidekörnern und vermuten die Reduzierung von Phytat-P während der milchsäuren Fermentation. Während der Brotzubereitung wurde der Phytatgehalt (ca. 90 %) infolge der veränderten Faktoren wie pH-Wert, Wassergehalt und der Hefeeinwirkung sowie der dadurch erhöhten endogenen Phytaseaktivität reduziert (REDDY & PIERSON 1994). Neben den im Silierprozess bedeutsamen Milchsäurebakterien (z. B. *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis*; SHIRAI *et al.* 1994; LOPEZ *et al.* 2000) ist auch für Pilze (*Aspergillus niger*; DA SILVA *et al.* 2005) und Hefen (*Candida utilis*, *Schwanniomyces occidentalis*, *Kluyveromyces marxianus*; SHIRAI *et al.* 1994) der Abbau von Phytinsäure nachgewiesen worden.

### **Tannine**

Mikroorganismen werden im Allgemeinen durch die Einwirkung von Tanninen inhibiert (SCALBERT 1991; SAXENA *et al.* 1995; LAVRENCIC & LEVART 2005). In Abhängigkeit von der Art und Menge der Tannine konnten SALAWU *et al.* (1999) und ACOSTA (2004) eine Beeinträchtigung der Bakterienentwicklung sowie der Milchsäurebildung im Siliergut nachweisen. Die Fähigkeit zur Bildung von Tannase (katalysiert den Abbau hydrolysierbarer Tannine) ist jedoch innerhalb der Mikroorganismengruppen ubiquitär verbreitet (BHAT *et al.* 1998) und der Abbau kondensierter Tannine ist für eine Vielzahl von Vertretern des natürlichen

epiphytischen Bakterienbesatzes nachgewiesen worden (DESCHAMPS *et al.* 1980). Durch ACOSTA (2004) sowie HARTMANN (2003, 2005) wurde der rasche Abbau kondensierter Tannine im Rahmen des Silierprozesses tanninreicher Sorghumsorten bestätigt. Der Abbau bzw. die veränderte Konstitution von Tanninfraktionen, insbesondere die Reduzierung von kondensierten Tanninen während der milchsauen Fermentation, begründet sich dabei auf den Hypothesen des oxidativen Abbaus in der aeroben Initialphase der Fermentation durch Phenoloxidasen und der Hydrolyse durch mikrobielle Enzyme (Tannase) bzw. der Inaktivierung von Tanninen durch eine veränderte Polymerisation unter Säurebedingungen (IIBUCHI *et al.* 1967; MAKKAR & BEKKER 1996). SHIMELIS & RAKSHIT (2008) bestätigten einen signifikant verminderten Tanningehalt durch milchsauer Fermentation von Bohnenmehl bis zu 47 %. AYED & HAMDI (2002) berichteten von der Tannaseproduktion durch *Lb. plantarum*. Von OSAWA *et al.* (2000) und weiteren Autoren (reviewed in BHAT *et al.* 1998) wurden tannasebildende Stämme von *Lb. plantarum*, *Lb. paraplantarum* sowie *Lb. pentosus* identifiziert. Bei den in der Literatur genannten Bakterien handelte es sich um Vertreter des natürlichen epiphytischen Besatzes, die zumindest in der ersten Phase des Gärprozesses von Bedeutung sind.

#### **Vicin, Convicin, Lektine, Proteaseinhibitoren und Saponine**

Zu den beschriebenen antinutritiven Inhaltsstoffen zählen weitere für Ackerbohne, Erbse und Lupine spezifische Stoffgruppen. Nach Literaturangaben ist deren Reduzierung über den Fermentationsprozess ebenso möglich. So berichtete MCKAY (1992), dass das Wachstum von *Lb. plantarum* in Suspensionen von Ackerbohnen die Gehalte an Vicin und Convicin reduzieren konnte. Aus älteren Untersuchungen (OHFF & WEISSBACH 1979) ist z. B. bekannt, dass bei der Silierung Glucosinolate abgebaut werden können. Aus dieser Sicht ergeben sich durch die Silierung Chancen für den Abbau der vor allem in Ackerbohnen mitunter noch vorhandenen Pyrimidin-Glycoside (OHFF & WEISSBACH 1979).

PAREDES-LOPEZ & HARRY (1989) und CUADRADO *et al.* (2002) vermerkten die Reduzierung von Lektin in fermentierten Bohnen und Linsen. ZAMORA & FIELDS (1979), CHOMPREDIA & FIELDS (1984a), VIDAL-VALVERDE *et al.* (1993), TABERA *et al.* (1995) und GRANITO *et al.* (2002) beschrieben eine deutliche Reduzierung der Aktivität von Trypsininhibitoren während der Fermentation von Kuhbohnen, Sojabohnen, Linsen und Gartenbohnen.

Saponine wirken zwar antibiotisch, sind aber wasserlöslich und deren Zuckerbausteine könnten durch Mikroorganismen enzymatisch hydrolysiert werden. SHIMELIS & RAKSHIT (2008) bestätigten den Abbau von Saponin während der milchsauen Fermentation auf ein nicht nachweisbares Niveau.

### 3 Aufgaben- und Zielstellung

Einheimische Körnerleguminosen wie Ackerbohne, Erbse und Lupine sind aufgrund ihrer hohen Energie- und Proteingehalte ein hoch geschätztes Futtermittel. Sie können als einheimische Proteinressource den Einsatz von Sojaprodukten substituieren, um dem Bestreben einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion Rechnung zu tragen. Bedingt durch die uneinheitliche Abreife der Bestände ist jedoch insbesondere bei feuchter Spätsommerwitterung von hohen Restfeuchtegehalten zur Ernte auszugehen. Für die langfristige Lagerung der Körner ist daher zum konventionellen Erntetermin eine kostenintensive technische Trocknung notwendig, welche aus arbeitsorganisatorischer Sicht (Schlagkraft, Schnelligkeit etc.) Probleme bereiten kann. Um eine Nachtrocknung zu umgehen, bestand das Ziel der Arbeit in der Erarbeitung von Grundlagen für Silierverfahren für Körner großsamiger einheimischer Leguminosen im labortechnischen Maßstab. Durch die Silierung von Leguminosenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt könnte die kostengünstige Bereitstellung wirtschaftseigener eiweißreicher Konzentratfuttermittel sichergestellt werden. Dieses Verfahren bedarf keiner chemischen Zusätze. Daher bietet die milchsaure Körnerfermentation unter anaeroben Bedingungen ein Bearbeitungsverfahren, welches auch in den Betrieben des ökologischen Landbaus anwendbar ist (EG-ÖKO-VERORDNUNG 2005). Zugleich wird von der Möglichkeit der fermentativen Reduzierung antinutritiver Inhaltsstoffe ausgegangen.

Nach pflanzenbaulichen und technologischen Aspekten liegen bei der Ernte vor der Vollreife die Vorteile in:

- der Unabhängigkeit des Erntezeitpunktes vom Trockensubstanzgehalt und besseren Maschinenauslastung
- einer frühen Feldräumung und damit effektiveren Nutzung der Ackerflächen
- der geringeren Verpilzung (Mykotoxine) und der Minimierung der Feldverluste (Lager- und Druschverluste)

Für eine erfolgreiche Silierung mit einer stabilen gärbiochemischen Qualität ist neben den Silierparametern im Ausgangsmaterial u. a. eine optimale Verfahrensgestaltung notwendig. Im Allgemeinen ist für den Konservierungserfolg eine ausreichende Ansäuerung aufgrund von Milchsäurebildung notwendig, um das Wirken von Gärschädlingen zu unterbinden und die Futterqualität zu gewährleisten. Zur Silierung von Leguminosenkörnern liegen bislang in der Literatur kaum Angaben vor. Aufgrund der geringen Zuckerkonzentration und hohen Rohproteingehaltes im Korn wird das Material als schwer silierbar eingeschätzt. Die erfolgreiche Silierung von schwer vergärbaren Pflanzenmaterialien mit hohem Gehalt an Oligosacchariden bzw. Stärke ist durch den technologischen Fortschritt und den Einsatz von leistungsfähigen

Milchsäurebakterien bereits möglich (STEINHÖFEL & WEBER 2006). Daher sollte die Feuchtkornsilierung in Anlehnung an die in den letzten Jahren vielfach untersuchte biologische Silierung von feuchten Getreidekörnern bzw. Maisschrot (WOLF *et al.* 2001; SANFTLEBEN & DRESCHER 2002; PIEPER *et al.* 2006, 2007) durch Milchsäurebakterien erfolgen.

Für die Untersuchungen wurden lagertrockene Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensamen verschiedener Sorten sowie aus einer zweijährigen praxisorientierten Feldstudie gewonnenes Kornmaterial, welches mit unterschiedlichen TS-Gehalten (65 % und 75 %) geerntet wurde, herangezogen. Als wesentliche Aufgaben der vorliegenden Arbeit wurden folgende Punkte erarbeitet. Eine Übersicht der zugehörigen experimentellen Untersuchungen ist im Anhang A18 aufgeführt.

1. Chemische Analyse ausgewählter Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensorten zur Charakterisierung des Futterwertes (nutritive und antinutritive Inhaltsstoffe)
  - Analyse nutritiver Futterwertparameter (Weender Analyse, Aminosäuren, Detergentienfaserfraktionierung nach VAN SOEST & WINE (1967))
  - Analyse antinutritiver Inhaltsstoffe (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-P, Tannine)
2. Chemische Bestimmung der Siliereignung ausgewählter Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensorten zur Charakterisierung der potentiellen Vergärbarkeit
  - Analyse von Rohasche, Zucker- und Proteingehalt, Pufferkapazität (PK), Z/PK-Quotient
3. *In-vitro*-Untersuchung (Rostocker Fermentationstest nach PIEPER *et al.* 1989 und ZIERENBERG 2000) zur Prüfung der potentiellen Vergärbarkeit von Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten
  - Analyse von pH-Wert, Gärsäuren und Alkoholen
  - Analyse der Osmolalität im Verlauf des Silierprozesses (HOEDTKE 2008)
4. Screening kommerziell verfügbarer Milchsäurebakterienpräparate unterschiedlicher Arten und Stämme
  - Wirkung verschiedener Milchsäurebakterienpräparate auf nutritive und antinutritive Inhaltsstoffe im Silierprozess (Modellsilagen)
5. Bereitung von Modellsilagen aus mit unterschiedlichen Trockensubstanzgehalten (65 % und 75 %) geernteten Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten aus den Jahren 2005 und 2006
  - Erprobung von Silierzusätzen (Milchsäurebakterien, Zuckerrübenmelasse)
  - Bestimmung der gärbioologischen Qualität nach Punkt 3
  - Bestimmung von Ammoniak und  $\alpha$ -Amino-N
  - Bestimmung der aeroben Stabilität der Modellsilagen nach 50 Tagen Lagerdauer (nach HONIG 1990)
  - Bestimmung der Auswirkungen der Silierung auf die enthaltenen nutritiven und antinutritiven Inhaltsstoffe bei Verwendung verschiedener Silierzusätze (Punkt 1)

Folgende sich aus der Literaturrecherche ableitende **Arbeitshypothesen** sollten durch die experimentelle Untersuchung geprüft werden:

1. Leguminosenkörner von Ackerbohnen, Futtererbsen und Lupinen stellen aufgrund ihres hohen Energie- und Proteingehaltes sowie dessen Zusammensetzung ein wertvolles Futtermittel dar.
2. Körner großsamiger Leguminosen sind auch mit hohen Trockensubstanzgehalten (65 % und 75 %) silierfähig. Trotz ungünstiger chemischer Vergärbarkeitsparameter ist die Konservierung von Leguminosenkörnern durch milchsäure Fermentation möglich.
3. Die Silierfähigkeit von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensamen wird durch den Einsatz biologischer Silierhilfsmittel wie Melassezusatz und Starterkulturen auf Basis von Milchsäurebakterien verbessert.
4. Neben der zu erwartenden ernährungsphysiologisch positiven Wirkung der Milchsäure für die monogastrischen Tierarten (ROTH *et al.* 1993), erfolgt im Rahmen der milchsäuren Fermentation über pflanzliche und mikrobielle Enzymwirkung eine Reduzierung der Gehalte bzw. Inaktivierung antinutritiver Inhaltsstoffe (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-P und Tannine) und somit eine Verbesserung des Futterwertes der Silagen.

## 4 Experimentelle Untersuchungen zum Futterwertpotenzial und zur Silierung von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

### 4.1 Material und Methoden

#### 4.1.1 Material, Probengewinnung und Probenaufbereitung

##### 4.1.1.1 Reife, lagertrockene Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner

Für die Untersuchungen standen reife, lagertrockene Körner von Ackerbohnen-, Futtererbsen- und Lupinen (Bitter- und Süßlupinen) vorrangig aktueller Sorten aus dem Jahr 2002 zur Verfügung (Tab. 15), welche von verschiedenen Saatzuchtorganisationen (Anhang A19) bezogen wurden.

Tab. 15: Übersicht der in die Untersuchungen mit reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern einbezogenen Arten und Sorten bzw. die für die Feldstudie gewählten Sorten

Code/ Art	Sorte (antinutritive Inhaltsstoffe* <sup>1</sup> )
1 Ackerbohne	'Limbo' <sup>*2</sup> (hohe Tannin- und Phytat-P Gehalte), 'Scirocco'
2 Futtererbse	'Lisa' <sup>*2</sup> (hohe Tanningehalte), 'Santana', 'Phönix', 'Sponsor', 'Catania', 'Laser'
3 Blaue Lupine (süß)	'Bora' <sup>*2</sup> , 'Borlu' <sup>*2</sup> , 'Bordako', 'Borweta', 'Boruta', 'Bolivio', 'Boltensia', 'Sonet'
4 Blaue Lupine (bitter)	'Azuro' <sup>*2</sup> (hohe Alkaloidgehalte), 'Rubine', 'Rubesta'
5 Gelbe Lupine (süß)	'Bornal', 'Borsaja'
7 Weiße Lupine (süß)	'Bardo', 'Amiga'
8 Weiße Lupine (bitter)	'Weibit'

\*<sup>1</sup> antinutritive Inhaltsstoffe als Entscheidungskriterium für die zur Feldstudie gewählten Sorten;

\*<sup>2</sup> ausgewählte Leguminosensorte in der Feldstudie 2005 und 2006

##### 4.1.1.2 Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohen Restfeuchtegehalten

Für die Untersuchungen zur Silierung von feuchten Leguminosenkörnern wurden in den Jahren 2005/ 06 die in Tabelle 15 hervorgehobenen Sorten entsprechend der gängigen landwirtschaftlichen Praxis auf den der Fakultät zur Verfügung stehenden Versuchsfeldern angebaut. Es wurden Blaue Lupinen gewählt, da sie im praktischen Anbau aufgrund des hohen Ertragsniveaus und der Antraknoseresistenz eine bevorzugte Stellung einnehmen. Zudem sind die Sorten 'Bora' und 'Borlu' in einem weiten ökologischen Bereich ertragsstabil. Aufgrund des vermehrten Vorkommens an futterwertmindernden Inhaltsstoffen in Bitterlupinen eignen sich diese nicht zur Verfütterung und werden daher nur als Zwischenfrucht angebaut. Entsprechend der Zielstellung der Prüfung auf Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen durch milchsaure Fermentation galten die Proben der Bitterlupine als Referenz. Zusätzlich wurden eine Ackerbohnen- und Erbsensorte mit entsprechend hohen Gehalten an Tanninen und Phytat-P für die Untersuchungen ausgewählt. Die Standortbedingungen, Witterungsverhältnisse und agrotechnischen Maßnahmen sind dem Anbaudiagramm im Anhang A20–A27 zu entnehmen.



### **Standort und Witterungsverhältnisse**

Die Flächen der Versuchsstation des Institutes für Landnutzung und die Flächen vom Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LALLF) in Biestow (bei Rostock) zeichnen sich durch ein stark maritim geprägtes Klima mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 8,1 °C und durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 593 mm aus. Weitere Standortcharakteristika sind dem Anhang A20 zu entnehmen. Die im Anbauzeitraum 2005 und 2006 aufgezeichneten Wetterdaten der Lysimeteranlage der Versuchsstation des Institutes für Landnutzung sind im Anhang A21 aufgeführt. Die Trockenheit mit hohen Durchschnittstemperaturen im Juli 2006 wirkte sich auf die Fruchtentwicklung vor allem im Ackerbohnenbestand durch frühzeitige Welke aus.

### **Agrotechnische Maßnahmen**

Von der Aussaat bis zur Abreife wurde der Pflanzenbestand wöchentlich bonitiert. Dabei konnte die Entwicklung des Bestandes und der Einzelpflanzen über die Parameter BBCH-Code und Wachstumshöhe beurteilt werden (WEBER & BLEIHOLDER 1990; RÖMER 2007). Daten der agrotechnischen Maßnahmen und der pflanzenbaulichen Erhebung sind im Anhang A22–A27 festgehalten.

Bei der Sorte 'Azuro' (Feldversuch 2005) bestand ein erhöhter Beikrautdurchwuchs verschiedener mono- und dikotyledoner Arten. Durch den erhöhten Konkurrenzdruck verzögerte sich die Jugendentwicklung der Pflanzen und somit der Bestandsschluss.

Zu den Feldversuchen 2006 konnten alle agrotechnischen Maßnahmen wie die Verwendung von gebeiztem Saatgut und der bedarfsorientierte Herbizid- bzw. Insektizideinsatz nach guter fachlicher Praxis durchgeführt werden, so dass sich die Pflanzen bis auf witterungsbedingte Einflüsse – bedingt durch die beschriebene Trockenheit – im Juli 2006 optimal entwickeln konnten.

### **Ernte und Aufbereitung der Proben für die *in-vitro*-Untersuchungen**

Nach dem Drusch der Körner mit Hilfe eines Parzellenmähdeschers erfolgte zur Reinigung des Erntegutes von Unkrautsamen und -blättern sowie nicht ausgedroschenen grünen Hülsen ein Windsichten (Windsichter, Fa. Lochow-Petkus). Anschließend wurden die Körner mit einer Schlagmühle (Institutsbestand, Bj. 1989, Kennnr. A 53220/20; Lochdurchmesser 8 mm) grob geschrotet bzw. aus technischen Gründen mit einem praxisüblichen Maiskracker gequetscht (Anhang A28–A35). Durch die witterungsbedingt beschleunigte Abreife musste das Körnerschrot z. T. mit aqua dest. auf den für die Konservierung gewünschten TS-Gehalt rückbefeuchtet werden. Zur Übersicht der einzelnen Maßnahmen der Probenaufbereitung ist im

Anhang ein entsprechendes Ernteprotokoll (Anhang A36–A37) aufgeführt, wonach für die Auswertung relevante Fragestellungen und erntespezifische Besonderheiten abgeglichen werden können.

#### 4.1.2 Prüfung der Vergärbarkeit von Körnern verschiedener Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensorten

##### 4.1.2.1 Rostocker Fermentationstest nach PIEPER *et al.* (1989) und ZIERENBERG (2000)

Der Rostocker Fermentationstest (RFT) nach PIEPER *et al.* (1989) und ZIERENBERG (2000) bietet eine zuverlässige Methode zur:

- Einschätzung der Vergärbarkeit des zu silierenden Materials hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des epiphytischen Besatzes an Milchsäurebakterien
- Einschätzung des Gehaltes an fermentierbaren Kohlenhydraten
- Beurteilung des Ansäuerungsvermögens von MSB-Silierzusätzen

Diese Aspekte wurden mit dem *in-vitro*-Verfahren anhand von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten untersucht. Zur Verifizierung der erzielten Ergebnisse erfolgte eine weitere Versuchsreihe mit Leguminosenkörnern bei Ernte im nicht lagerfähigen TS-Bereich von 65 % und 75 %.

Aufgrund der ungünstigen chemischen Vergärbarkeitsparameter in Körnerleguminosen wurde der Einsatz von biologischen Siliermitteln (Melasse, Milchsäurebakterien) in Erwägung gezogen. Über ein vorangestelltes Screening von Milchsäurebakterienpräparaten wurde ein Produkt für die Anwendung in den entsprechenden Varianten mit Silierzusatz selektiert und im weiteren experimentellen Konzept eingesetzt. Dabei fiel neben dem Kriterium der schnell einsetzenden und umfangreichen Ansäuerung u. a. die Entscheidung bewusst auf den Einsatz eines nach DLG-Richtlinien geprüften Präparates aus homofermentativen Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*). Diese werden zumeist als osmotolerant ausgewiesen (LANIGAN 1963). Durch homofermentative Milchsäurebildung sollte eine möglichst schnelle Ansäuerung ohne Bildung von Nebengärungsprodukten erzielt werden. Zudem liegen aufgrund häufiger Anwendung dieses Bakterienstammes in *in-vitro*-Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse vor. Insgesamt wurden folgende Varianten geprüft (Tab. 16).

Tab. 16: Im Rostocker Fermentationstest verwendete Varianten (n = 3)

---

1	Kontrolle (ohne Silierzusatz)
2	Melassezusatz (2 % der FM; Inhaltsstoffanalyse der Melasse im Anhang A38)
3	Zugabe von MSB (homofermentativ; <i>Lb. plantarum</i> ; Impfdichte $3 \cdot 10^5$ KbE/g FM; DSM 8862, 8866)
4	kombinierte Zugabe von MSB + Melasse

---

DSM: Deutsche Sammlung von Mikroorganismen; FM: Frischmasse; KbE: Kolonie bildende Einheiten; MSB: Milchsäurebakterien

Für den RFT wurden 50 g Körnerschrot in ein 600 ml Becherglas eingewogen. Neben dem Ansatz mit 200 ml aqua dest. wurde das Körnerschrot zur Erhöhung der Osmolalität mit 9- bzw.

12 %iger KCl-Lösung versetzt. Im wässrigen Milieu des RFT-Ansatzes bestehen aufgrund der geringen Eindringtiefe von Luftsauerstoff in Wasser weitestgehend anaerobe Bedingungen. Die mit Alufolie abgedeckten Gläser lagerten während der Inkubation bei der für das Wachstum von MSB optimalen Temperatur von 30 °C (MCDONALD *et al.* 1991) im Brutschrank. Da der Säuerungsprozess maßgeblich durch die Milchsäurekonzentration bestimmt wird, können über die Geschwindigkeit und den Umfang der Ansäuerung aus dem pH-Wert-Verlauf Rückschlüsse auf die Vergärbarkeit des Materials gezogen werden (FRIEDEL 1990). Nach einem definierten Zeitschema (Tab. 17) wurden somit die pH-Werte ermittelt (Potentiometer WTW MultiCal pH 526, Messgenauigkeit: 0,01). Die Eichung des Gerätes erfolgte täglich mit gebrauchsfertigen Eichlösungen. Zwischen den Messungen von Parallelen wurde die Elektrode mit 70 %igem Alkohol desinfiziert.

Tab. 17: Zeitpunkt der pH-Wert-Messungen im Rostocker Fermentationstest

aqua dest.	nach 0, 14, 18, 22, 26, 38, 42 Stunden
9- bzw. 12 %ige KCl-Lösung	nach 0, 14, 18, 22, 26, 38, 42, 46, 50, 62 und 70 Stunden

Zum Versuchsende wurden die Aufgüsse abfiltriert (Faltenfilter, Sartorius-Filter 65 g/m<sup>2</sup> bzw. Gaze von 0,6 mm Maschenweite) und die Filtrate für die spätere Bestimmung der Gärprodukte eingefroren.

#### **Berechnung der im RFT durch KCl-Zugabe simulierten Trockensubstanz**

Durch den wässrigen Ansatz im RFT mit 200 ml aqua dest. und 50 g Einwaage wurde bei einer Trockensubstanz von ca. 90 % bei lagertrockenen Körnern und von 65 % bzw. 75 % TS bei den mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Körnern das Körnerschrot auf 23 %, 13 % bzw. 15 % TS rückbefeuchtet. In Anlehnung an die hohe Trockensubstanz bei Ernte der Leguminosenkörner sollten erhöhte Osmolalitäten eingestellt werden, um die physiologische Leistungsfähigkeit und Osmotoleranz der epiphytischen und zugesetzten MSB zu prüfen. Unter hoher Osmotoleranz wird dabei die Fähigkeit zur Zellteilung und Milchsäurebildung im Trockensubstanzbereich über 50 % verstanden, was nach PAHLOW & WEISSBACH (1996) in etwa der Osmolalität einer KCl-Lösung ab 11,3 % (2,8 osmol) entspricht. Durch Zugabe von osmotisch wirksamen Substanzen zum wässrigen Pflanzenaufguss lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Trockenmassegehalte des Pflanzenmaterials auf dessen Vergärbarkeit simulieren. Nach dem DLG-Verfahren zur Prüfung der Osmotoleranz (DLG 2000) wurden demnach erhöhte Osmolalitäten mit 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung eingestellt. Die Osmolalität kann mit dem osmotischen Koeffizienten von KCl (1,85; WEAST 1985), der Atommasse und der Konzentration der KCl-Lösung (g/l) berechnet werden und betrug 2,23 osmol/kg (9 %iger KCl-Lösung) bzw. 2,98 osmol/kg (12 %iger KCl-Lösung). Zur Abschätzung, welche TS-Gehalte durch KCl-Zugabe tatsächlich im wässrigen Ansatz simuliert wurden, muss die Beziehung

zwischen der Trockensubstanz, Wasseraktivität und Osmolalität berücksichtigt werden. Die Osmolalität bezeichnet dabei die Summe der molaren Konzentration osmotisch wirksamer Teilchen pro Gewichtseinheit. Die Wasseraktivität ( $a_w$ ) beschreibt die Wasserverfügbarkeit in Lösungen. Mit ihr wird im Allgemeinen die Osmotoleranz der Mikroorganismen beschrieben. So ist z. B. nach LINDGREN (1991) bei einer Wasseraktivität zwischen 0,95–0,91 das Wachstum von Milchsäurebakterien möglich. Für *Lb. plantarum* wurde nach REHACEK *et al.* (1982) eine  $a_w$ -Grenze von 0,943–0,959 ermittelt und nach LANIGAN (1963) konnte die Wachstumsrate erst bei sehr niedrigen Wasseraktivitäten (0,92–0,93) gehemmt werden.

GREENHILL (1964) leitete die Beziehung zwischen der Trockensubstanz und der Wasseraktivität in Abhängigkeit der Konzentration an osmotisch wirksamen Teilchen bei unterschiedlichem Pflanzenmaterial (Konstante c) her [1].

[1]

$$a_w = 1 - c/m$$

m: Feuchteanteil in g Wasser/g TS  
 Deutsches Weidelgras: c = 0,04–0,02  
 Klee und Luzerne: c = 0,05–0,03

Bei der Berechnung für Leguminosenkörner wurde der empfohlene c-Wert für Leguminosen herangezogen. Es ist zu beachten, dass dieser Wert vor allem für die vegetative Pflanzenmasse gilt und in Abhängigkeit vom Reifegrad des Pflanzenmaterials stark schwanken kann, so dass er nur als Orientierungswert dient. Es kann spekuliert werden, dass aufgrund der relativ niedrigen Asche- und Zuckergehalte bzw. dem Polymerisationsgrad der c-Wert für die Leguminosenkörner vor allem zu Beginn der Silierung niedriger liegt. In Untersuchungen zur Osmolalität verwendete WEISSBACH (1968) zur Berechnung der Wasseraktivität folgende Gleichung [2].

[2]

$$a_w = 1/(1 + 0,01801 * \text{osmol})$$

Nach AYERST (1965) und SWEENEY & BEUCHAT (1993) kann die Wasseraktivität aus der Osmolalität wie folgt berechnet werden [3].

[3]

$$a_w = e^{-0,01801 * \text{osmol}}$$

Aufgrund der beschriebenen Beziehung von Trockensubstanz und Wasseraktivität ergeben sich in Abhängigkeit von der Konstante (c) für osmotisch wirksame Teilchen bei unterschiedlichem Pflanzenmaterial erhebliche Schwankungen für die Osmolalität und der berechneten Konzentration an KCl (Tab. 18).

Tab. 18: Beziehung zwischen Trockensubstanz (TS), Wasseraktivität, Osmolalität und Konzentration der Salzlösung (LANIGAN 1963; GREENHILL 1964; WEISSBACH 1968; PITT *et al.* 1985; SWEENEY & BEUCHAT 1993); \* kursiv für c = 0,03; c: Konzentration an osmotisch wirkender Teilchen

TS [%]	Wasseraktivität ( $a_w$ )		Osmolalität* [osmol/kg]	KCl* [%]
	$a_w$ für c = 0,03	$a_w$ für c = 0,05		
40	0,980	0,967	1,13–1,90	5,2–7,9
50	0,970	0,950	1,70–2,92	6,7–11,5
60	0,955	0,925	2,62–4,50	10,4–17,9
70	0,930	0,880	4,18–7,58	16,7–30,3

Die im RFT verwendeten KCl-Lösungen (9- bzw. 12 %ig) simulieren in der wässrigen Phase etwa 56 % bzw. 63 % TS ( $c = 0,03$ ) zu Beginn der pH-Wert-Messung. Unter Berücksichtigung des Wassereintrages bei Einwaage von 50 g Siliergut mit 65 % bzw. 75 % TS können die in Tabelle 19 berechneten Trockensubstanzen im RFT-Ansatz mit KCl-Lösung eingestellt werden.

Tab. 19: Entsprechend den eingesetzten KCl-Lösungen kalkulierte Trockensubstanzgehalte (TS) in Abhängigkeit der Konstante ( $c$ ) für die Konzentration an osmotisch wirksamen Teilchen und dem TS-Gehalt im Ausgangsmaterial (GREENHILL 1964; WEISSBACH 1968; SWEENEY & BEUCHAT 1993)

KCl	Osmolalität	kalkulierte Osmolalität auf Basis der TS in 50 g Materialeinwaage	Wasseraktivität	TS [%]	
				für $c = 0,03$	für $c = 0,05$
[%]	[osmol/kg]		[ $a_w$ ]		
9	2,23		0,96	56,31	43,61
		2,03 (65 % TS)	0,96	54,04	41,36
		2,09 (75 % TS)	0,96	54,73	42,05
12	2,98		0,95	62,92	50,45
		2,72 (65 % TS)	0,95	60,89	48,29
		2,79 (75 % TS)	0,95	61,46	48,90

#### 4.1.2.2 Herstellung von Modellsilagen und Aufbereitung von Silagematerial

Laut Zielstellung sollten die Silierfähigkeit der Leguminosenkörner nach den chemischen Silierparametern bzw. die Ergebnisse der Vergärbarkeit im RFT mit dem tatsächlich erzielten Gärverlauf und Konservierungserfolg bei Modellsilagen aus Körnerschrot verifiziert werden.

Aufgrund des erheblich geringeren Bedarfs an Probenmaterial und der notwendigen Lagerkapazität zur Probenaufbewahrung kam zum Anlegen der Modellsilagen statt der DLG-Weckglasmethode (DLG 2000) das am Institut etablierte und standardisierte Verfahren mit speziellen Folienbeuteln (Polyethylentüten mit Doppelschweißnaht, 20 x 30 cm, Firma: La.Va, Germany) und der Verwendung eines Vakuuiergerätes (LaVa V.300 Aktion, Firma: La.Va, Germany) zur Anwendung (HOEDTKE & ZEYNER 2011). Die für den Silierprozess wichtigen Materialeigenschaften der Polyethylentüten sind in Tabelle 20 aufgeführt.

Tab. 20: Zum Silieren verwendete Polyethylentüten und deren für den Silierprozess wichtige Materialeigenschaften, \*Herstellerangaben, ermittelt nach DIN 53380

Eigenschaften*	Einheit	Messbedingungen	Ergebnis
O <sub>2</sub> -Durchlässigkeit	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d*bar	23 °C; 0 % relative Feuchte	50
CO <sub>2</sub> -Durchlässigkeit	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d*bar	23 °C; 0 % relative Feuchte	150
N <sub>2</sub> -Durchlässigkeit	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d*bar	23 °C; 0 % relative Feuchte	10

Mit der Methode können sofortiger, vollständiger und nachhaltiger Luftabschluss und beste Verdichtung uneingeschränkt sichergestellt werden. Damit werden im Silierprozess Gärbedingungen zur Förderung der Milchsäurebakterien geschaffen, die auch in Weckgläsern bzw. im Großraumsilo erreicht werden (JONES 1970; WILSON & WILKINS 1972; JOHNSON *et al.* 2005; HOEDTKE *et al.* 2008). Aufgrund der hohen TS-Gehalte und demzufolge reduzierter Wasseraktivität, welche sich selektiv auf die weniger osmotolerante Mikrobenflora auswirkt,

sollten zur Ergänzung der zahlenmäßig gering vertretenen natürlichen Milchsäurebakterien und positiven Beeinflussung im Gärverlauf biologische Siliermittel in Form von Melasse und Milchsäurebakterien zum Einsatz kommen. Die Vorteile gegenüber chemischen Zusätzen bestehen im Hinblick auf die Anforderungen des Umweltschutzes sowie des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, so dass biologische Siliermittel für die Silagetechnologie an Bedeutung gewinnen (SPOELSTRA 1993). Des Weiteren wurden osmotolerante MSB bisher erfolgreich in der Feuchtgetreidekonservierung bei Trockensubstanzen bis 65 % eingesetzt (SVIHUS *et al.* 1997; PIEPER *et al.* 2006, 2007), so dass auf den beschriebenen Erfahrungen aufgebaut werden konnte. Die Versuchsanordnung entsprach den bereits im RFT verwendeten Varianten in drei Wiederholungen (Kontrolle, Melassezusatz, Einsatz von MSB, Zusatz von Melasse und MSB-Präparat). Durch Zugabe von Melasse (2 % der FM) wurde der Zuckergehalt im Siliergut erhöht. Eine ausreichende Homogenisierung des Ausgangsmaterials und ausreichende Verteilung der Silierzusätze wurde sichergestellt. Nach der Materialeinwaage (600 g) wurden die Silagebeutel unter Nutzung eines Vakuumiergerätes (0,8 bar) verdichtet, evakuiert und verschweißt. Das Anstechen der Folie verhinderte den Druckaufbau durch Gärgasbildung und zur Formstabilität wurden die Modellsilagen mit Paketband umwickelt. Um einen anaeroben Zustand zu gewährleisten, wurden die Silagen in einem weiteren luftundurchlässigen Beutel vakuumiert (Anhang A39a, b). Zur Aufbewahrung der Proben kam ein verdunkelter Raum mit weitestgehend stabilen Temperaturen (ca. 22 °C) zum Einsatz. Die Lagerung erfolgte für 5, 15, 50 und 90 Tage. Zur Auslagerung (Anhang A40) wurden die Silagen vor der Öffnung unter Berücksichtigung des Foliengewichtes zur Ermittlung der Gärverluste gewogen. Der Gewichtsverlust zwischen Silierguteinwaage und Silageauswaage wurde in % der Einwaage angegeben. Einen ersten Eindruck über die Gärqualität verschaffte die organoleptische Beurteilung der Silagen (Anhang A41) nach dem DLG-Schlüssel (2004) mit der Einschränkung, dass die Bewertung für Grobfuttermittel formuliert ist und sich auf die subjektive Einschätzung der sensorischen Qualitätsmerkmale (Geruch, Farbe und Struktur) beschränkt, wobei hier überwiegend auf den Geruch und in geringem Umfang auf die Kriterien Gefüge und Farbe der Silage eingegangen wird. Zur Beurteilung der Silagequalität wurde ergänzend der empfohlene Beurteilungsschlüssel nach DLG (2006b), beruhend auf modernen Analyseverfahren, herangezogen. (Anhang A42).

Im lyophilisierten Silagematerial wurden die entsprechenden nutritiven und antinutritiven Inhaltsstoffe analysiert (Punkt 4.1.3). Zur Bestimmung der Gärprodukte mittels HPLC (Milchsäure) und Gaschromatographie (flüchtige Fettsäuren, Alkohole) sowie der Messung des pH-Wertes bzw. der Osmolalität wurden jeweils 50 g Silage mit 200 ml chlorfreiem aqua dest.

zur Bereitung eines Kaltwasserextraktes nach der Methodenvorschrift von BLOCK & WEISSBACH (1982) versetzt (15 h Lagerung bei 4 °C) und das Filtrat eingefroren.

#### 4.1.2.2.1 Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot zum Screening verschiedener Milchsäurebakterienpräparate

Von besonderem Interesse waren mögliche Unterschiede verschiedener MSB-Präparate (Tab. 21) hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Siliererfolg sowie einer wahrscheinlichen Reduzierung antinutritiver Substanzen im Silierprozess.

Tab. 21: Zum Screening ausgewählte Milchsäurebakterienpräparate

Präparat	Milchsäurebakterienstamm	DSM/ NCIMB	Impfdichte
1	<i>Lactobacillus plantarum</i>	8862, 8866	3*10 <sup>5</sup> KbE/g FM
2	<i>Lactobacillus plantarum</i>	4784, 16568	1*10 <sup>5</sup> KbE/g FM
3	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Enterococcus faecium</i>	30083, 30084, 30086, 30085, 11181	3*10 <sup>5</sup> KbE/g FM

DSM: Deutsche Sammlung von Mikroorganismen; FM: Frischmasse; KbE: Kolonie bildende Einheiten

Alle Produkte enthalten *Lb. plantarum*. Zusätzlich beinhaltet Präparat 3 zwei weitere homofermentative MSB-Stämme. Die Produkte weisen eine Osmolalitätstoleranz bis 50 % der TS aus. Die verwendete Impfdichte entsprach jeweils den Herstellerempfehlungen.

Unter Berücksichtigung der analysierten Inhaltsstoffe wurden eine Bitterlupine ('Azuro') mit hohem Alkaloidgehalt bzw. eine Süßlupine ('Bora') mit niedrigem Alkaloidgehalt, eine Erbsensorte ('Lisa') mit hohem Tanningehalt für das Screening und eine Ackerbohnsorte ('Limbo') mit hohem Gehalt an Phytat-P sowie Tanningehalten ausgewählt. Die Trockensubstanz von ca. 65 % im Siliergut (Schrot reifer Körner, 3 mm Siebdurchmesser) wurde über Rückbefeuchtung mit aqua dest. eingestellt und die Modellsilagen aus dem gut homogenisierten Material in den bekannten Varianten bereitet (Tab. 16). Nach einer Lagerdauer von 34 Tagen bei Zimmertemperatur wurden die Silagen geöffnet und entsprechend der Zielstellung untersucht.

#### 4.1.2.2.2 Modellsilagen aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

Nach der Aufbereitung des Erntegutes (Körner von Ackerbohnen, Futtererbsen und verschiedenen Lupinensorten mit ca. 65 % bzw. 75 % TS) erfolgte die Herstellung der Modellsilagen entsprechend dem beschriebenen Verfahren, analog der bereits vorgestellten Varianten und unter Verwendung des im Screening selektierten MSB-Zusatzes (Präparat 1). Die Lagerung der Modellsilagen erfolgte zur Beurteilung des Konservierungsverlaufes für 5, 15, 50 bzw. 90 Tage bei Zimmertemperatur.

### **Beurteilung der aeroben Stabilität der Körnersilagen**

Die aerobe Stabilität der Silagen gilt als ein entscheidender Qualitätsparameter. Zur Ermittlung der aeroben Stabilität der Modellsilagen nach 50 Tagen Einlagerung kam die standardisierte Vorschrift von HONIG (1990) nach dem System „Völkenrode“ zum Einsatz. Die Analyse basiert auf dem Zusammenhang von CO<sub>2</sub>-Produktion, welche sich in den Trockenmasseverlusten widerspiegelt, und dem gleichzeitigen Temperaturanstieg in den Silagen. In einen speziell präparierten und entsprechend der Vorschrift thermoisolierten Becher (Styropormantel, 6 cm) wurde ausreichend aufgelockertes Silagematerial (300 g) eingewogen. Als Maß für die aeroben Umsetzungen gilt der Temperaturverlauf unter Luftereinfluss, welcher über einen Zeitraum von 7 Tagen im Intervall von 6 Stunden mit Hilfe automatischer Temperaturlogger erfasst wurde. Die aerobe Instabilität der Silage ist ab einer Temperaturerhöhung von 3 °C gegenüber der auf 20 °C konstant gehaltenen Umgebungstemperatur definiert. Die Raumtemperatur wurde durch ein Thermostat überwacht. Am Ende der Messungen fanden zusätzlich die Ermittlung der Gewichtsverluste, die organoleptische Beurteilung der Silagen und die pH-Wert-Messung im wässrigen Extrakt vom Silagematerial (50 g mit 200 ml aqua dest. versetzt) statt.

### **4.1.3 Chemische Analysen**

#### **4.1.3.1 Probenaufbereitung zur Analyse**

Um Veränderungen zwischen der Probenahme und der Untersuchung im Labor zu vermeiden und das Material vor äußeren Einwirkungen wie Feuchte und Verschmutzung zu schützen, wurden die Proben (Filtrate, Extrakte bzw. Körnermaterial) bei -20 °C asserviert. Für die Laboruntersuchungen wurden die Proben bei Zimmertemperatur aufgetaut und homogenisiert. Zur Bereitung von lufttrockenem Probenmaterial als Grundlage der Analysen erfolgte eine Gefriertrocknung des Körnerschrotes (unsiliert und siliert). Diese präzise Trocknungsmethode erlaubt es, die geringen Verluste an flüchtigen Substanzen außer Acht zu lassen und auf eine Korrektur der Trockensubstanz zu verzichten (UCHIDA 1987; WEISSBACH & KUHLA 1995). Als Probenvorbereitung für die Analytik wurde das lufttrockene Material anschließend auf 1 mm Siebweite gemahlen (Retsch, Type ZM1) und trocken sowie unter Lichtschutz in einem Schraubglas aufbewahrt. Vor jeder weiteren Untersuchung wurde auf eine ausreichende Homogenisierung der Probe geachtet.

Zur Bestimmung von Stärke, den Alkaloiden, den Oligosacchariden und den Tanninfraktionen war die Feinstzerkleinerung der Probe mit Hilfe der Kugelmühle notwendig (Schwingmühle „MM 200“ Retsch GmbH & Co. KG, 42781 Germany, Endfeinheit bis 0,01 mm).



Für die Analyse von pH-Wert, Gärprodukten bzw. der Osmolalität im unsiliertem Körnerschrot und dem Silagematerial wurde ein Kaltwasserextrakt (50 g Material + 200 ml aqua dest.; 15 h Lagerung bei 4 °C) erstellt (BLOCK & WEISSBACH 1982). Durch Wassereinwirkung auf Pflanzen- oder Silagematerial wird ein Extrahieren und somit ein Übergang von Stoffen in die wässrige Phase bewirkt (MADRID *et al.* 1999; NISHINO & UCHIDA 1999; HANG *et al.* 2003).

#### 4.1.3.2 Charakterisierung von chemischen Silierparametern und Bestimmung der nutritiven Inhaltsstoffe

Für den Gärungsverlauf und Konservierungserfolg wird der chemischen Zusammensetzung im Siliergut besondere Bedeutung beigemessen. Die analysierten Rohnährstoffgehalte wurden im getrockneten und gemahlene Material nach den in Tabelle 22 aufgeführten Standardlabormethoden der Weender Futtermittelanalyse (VDLUFA 1997) und weiteren Analyseverfahren bestimmt.

Tab. 22: Angewandte chemische Analysen zur Bestimmung der Nährstoffgehalte

Trockensubstanz (TS)	
Vortrocknung	Gefriertrocknung
Endtrocknung	Wäge-Trocknungsverfahren, Trocknung bei 105 °C für 3 Stunden bis zur Gewichtskonstanz (VDLUFA 1997)
Rohasche (XA)	Weender Futtermittelanalyse, Veraschung im Muffelofen bei 600 °C für 8 Stunden
Organische Substanz (OS)	kalkuliert: (100 – Rohaschegehalt [%])
Rohprotein (XP)	Analyse des Gesamtstickstoffes nach DUMAS (1831) mit dem Makro-N Analysegerät der Firma Heraeus, Berechnung des Rohproteingehaltes aus dem bestimmten Stickstoffgehalt durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25
Reinprotein (RP)	nach KJELDAHL (1883) mit vorheriger Proteinfällung mit Trichloressigsäure; Kjeldatherm und Vapodest (Gerhardt, Königswinter, German); Rohprotein (N x 6,25)
Aminosäuren (AS)	mittels HPLC (Shimadzu-Deutschland GmbH) Anhang A43
Rohfett (XL)	nach Weender Futtermittelanalyse am FOSS Tecator (Soxtec 2050; Höganäs, Schweden); Etherextrakt
Rohfaser (XF)	Methode von VON LENGERKEN <i>et al.</i> (1983), am FOSS Analyser (Fibertec 2010) mit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> und KOH-Extraktion
Quantifizierung der Zellbestandteile:	Detergentienfaserfraktionierung nach VAN SOEST & WINE (1967) (vorheriger Stärkeaufschluss bei Erbsen und Ackerbohnen)
NDF	Neutral-Detergenzienfaser, durch Kochen in neutraler Detergentienlösung (nach Amylasebehandlung und Veraschung)
ADF	Saure-Detergenzienfaser, durch Kochen in schwefelsaurer Detergentienlösung (nach Veraschung)
ADL	Saure-Detergenzienlignin, als Rückstand der Hydrolyse mit 72 %iger Schwefelsäure
Stärke (XS)	enzymatischer Aufschluss mittels 0,2 %iger Lösung einer thermostabilen $\alpha$ -Amylase (Thermamyl 120, Novo Nordisk A/S, Denmark, Bagsvaerd) im Schüttelwasserbad (30 min), 2 ml vom Filtrat mit 2 ml 0,1 %iger Amyloglucosidase-Lösung versetzt und 16 Stunden im Brutschrank (60 °C) gelagert, Messung der Mono- und Dimerkonzentration (über Brechungsindex-Detektor, Trennsäule HPX-87P, Biorad, USA) mittels HPLC (Shimadzu-Deutschland GmbH) und Umrechnung der Stärkefraktion (FRIEDEL <i>et al.</i> 2002; analog SCHMIDT <i>et al.</i> 2005)
Zucker (XZ)	wasserlösliche Kohlenhydrate (Fructose, Glucose, Saccharose) im Kaltwasserextrakt, 1g Einwaage in 100 ml H <sub>2</sub> O 60 min bei Raumtemperatur im Schüttelwasserbad, das Filtrat direkt mittels HPLC (Shimadzu-Deutschland GmbH) analysieren, Hercules, CA, USA, Säule HPX-87P, Biorad, (FRIEDEL <i>et al.</i> 2002; analog SCHMIDT <i>et al.</i> 2005)

Zur Charakterisierung des Futterwertes erfolgte die Analyse der Rohnährstoffgehalte im Ausgangsmaterial zur Silierung anhand der reifen, lufttrockenen Körnerproben und der zur Ernte noch feuchten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten bzw. anhand der Körnerschrotsilagen.

Um die Vergärbarkeit von Leguminosenkörnern einzuschätzen, erfolgte die Analyse der chemischen Silierparameter Zucker (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Pufferkapazität sowie deren Verrechnung zum Z/PK-Quotienten im jeweiligen Ausgangsmaterial (lagertrockene und mit erhöhtem Restfeuchtegehalt geerntete Körner). Der Rohzuckergehalt wurde nach enzymatischer Hydrolyse mittels HPLC (Shimadzu) analog der Vorgehensweise nach SCHMIDT *et al.* (2005) bestimmt, um die für eine umfassende Milchsäuregärung notwendigen Gehalte an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten zu erfassen. Die der Ansäuerung entgegenwirkende Pufferkapazität, welche sich auf dem basischen Charakter der Inhaltsstoffe wie Rohprotein und Rohasche begründet, wurde nach WEISSBACH (1967) analysiert. Dabei wird die Pufferkapazität aus der benötigten Menge an Milchsäure berechnet, welche nötig ist, um den pH-Wert des Materials auf einen Wert von 4,0 abzusenken. Das berechnete Verhältnis von Zucker und Pufferkapazität (Z/PK-Quotient) ist ein wichtiger chemischer Parameter im Silierprozess. Für optimale Silierbedingungen sollte ein Z/PK-Quotient von > 2 erreicht werden (WEISSBACH *et al.* 1974).

#### 4.1.3.3 Schätzung des energetischen Futterwertes

Zur Futtermittelbewertung wurden die analysierten Rohnährstoffgehalte sowie Stärke- und Zuckergehalte nach der von der GfE (2006) empfohlenen Formel zur Schätzung der Umsetzbaren Energie (ME) für Schweine verwendet. In der unter Tabelle 23 angegebenen Gleichung erfolgt die Berechnung unter Berücksichtigung der Nährstoffverdaulichkeit (DLG 1997) und der Korrekturfaktoren. Die Umsetzbare Energie ist dabei definiert als Energie der absorbierbaren Endprodukte der Verdauung, die dem Schwein abzüglich der im Harn enthaltenen Energie intermediär zur Verfügung steht (GfE 2006). Die scheinbar Umsetzbare Energie für Geflügel wurde nach der von der WPSA (World's Poultry Science Association, 1989) empfohlenen Formel ermittelt (Tab. 23). Für die Modellsilagen wurden die Energiegehalte anhand der Nährstoffverdaulichkeit unsilierter Körner nach DLG (1997) berechnet.

Tab. 23: Schätzformel für den energetischen Futterwert [ME MJ/kg TS] für Schweine und Geflügel

---

Schwein: ME [MJ/kg TS] (GfE 2006)

= 0,0205 DXP(g) + 0,0398 DXL(g) + 0,0173 XS(g) + 0,0160 XZ(g) + 0,0147(DOS-DXP-DXL-XS-XZ)

---

Geflügel; ME [MJ/kg TS] (WPSA 1989)

= 15,51\*XP + 34,31\*XL + 16,69\*XS + 13,01\*XZ

---

DOS: verdauliche organische Substanz; Angaben der Verdaulichkeit nach DLG 1997 (Tab. 13); DXL: verdauliches Rohfett; DXP: verdauliches Rohprotein; TS: Trockensubstanz; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Stärke; XZ: Zucker (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose)

#### 4.1.3.4 Analyse der antinutritiven Inhaltsstoffe

##### Alkaloide

Die Gesamtalkaloidgehalte in Lupinenkörnern wurden mittels GC-MS nach der Methode von WINK *et al.* (1995) analysiert (Tab. 24). Besonderes Augenmerk bei der Verfütterung von Lupinen ist auf die toxisch wirkenden Chinolizidinalkaloide zu legen. Der Anteil der Nebenalkaloide am Gesamtalkaloidgehalt beträgt weniger als 1 %. Für Lupinenzüchter und -verwerter führt daher die Bestimmung der Hauptalkaloide (Tab. 9) bzw. des Gesamtalkaloidextraktes zu hinreichend genauen Aussagen (WINK 1992a).

Tab. 24: Bestimmung von Lupinenalkaloiden mit GC-MS	
Proben- vorbereitung	ca. 0,5 g Probe in Zentrifugenröhrchen einwiegen, mit 20 ml 0,5 N Salzsäure homogenisieren und 16 h bei Raumtemperatur stehen lassen; Zentrifugation bei 4000 U/min für 30 min und bei 20 °C; Überstand abpipettieren (Volumen ermitteln); im Überstand mit 6 N NaOH einen pH-Wert von ca. 12 unter Rühren einstellen; Die Alkaloide werden extrahiert durch Festphasenextraktion mit Extrelut-Säulen (MERCK) und Dichlormethan als Eluent: 18 ml (Volumen erfassen) gibt man jeweils auf eine Extrelutsäule, lässt 15 min einwirken und eluiert mit 3 x 20 ml Dichlormethan. Das Lösemittel wird evaporiert und der Rest wird mit 1 ml Methanol aufgenommen. Die so vorbereitete Probe kann bis zur Analyse bei -20 °C aufbewahrt werden.
Analyse	Die Alkaloide wurden mit dem GC-MS-Gerät der Firma Shimadzu-Deutschland GmbH GC-MS QP 2010 analysiert. Säulentyp: BP-1 (Länge: 30 m; Durchmesser: 0,25 mm; Dicke: 0,25 Mikrometer); Split-Verhältnis: 50; Carrier Gas: Helium; Durchfluss: 94 ml/min; Temperaturprogramm: 120 °C Anfangstemperatur; 260 °C Endtemperatur; Ionenquelle: 230 °C; Interfacetemperatur: 300 °C; externer Standard: Lupanin und Spartein

##### Oligosaccharide

Die wasserlöslichen Kohlenhydratgehalte (Galactose, Saccharose) und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Leguminosenkörnern und den Silagen wurden mittels HPLC (HPX-87C, Biorad, Hercules, USA) analysiert (analog KLUGE *et al.* 2002, 2007). Die Analytik erfolgte in Anlehnung an QUEMENER (1988). Die Anleitung zur Probenvorbereitung und Geräteeinstellung ist in Tabelle 25 zusammengefasst.

Tab. 25: Chromatografische Bestimmung von Galactose, Saccharose und Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) mittels HPLC	
Proben- vorbereitung	500 mg Probenmaterial (0,5 mm Partikelgröße) in 10 ml Zentrifugengläser einwiegen und mit 10 ml aqua dest. im Ultra-Turrax (Dispergierer) vermengen (2 min); zentrifugieren (4000 U/min, 5 min); Überstand (6 ml) abnehmen; zentrifugieren bei 13400 U/min (5 min); 5 ml Überstand mit 30 µl HCl (1 N) versetzen (pH-Wert 4,2); Zentrifugation (13400 U/min über 5 min); 3 ml Überstand mit 30 µl Carrez I und 30 µl Carrez II zur Ausfällung der Proteine versetzen; zentrifugieren bei 13400 U/min (5 min); Überstand in verschlossene Glastubes bis zur HPLC Analyse einfrieren.
Carrez I	21,9 g Zinkacetat (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Zn*2H <sub>2</sub> O + 3 g Eisessig in Wasser gelöst und mit Wasser auf 100 ml aufgefüllt
Carrez II	10,6 g Kaliumhexacyanoferrat K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]*3H <sub>2</sub> O in Wasser gelöst und mit Wasser auf 100 ml aufgefüllt
HPLC-Gerät	Shimadzu-Deutschland GmbH; , Säule: Chrospher 100 NH <sub>2</sub> , 4 mm ID, 300 mm Länge; Merck KGaA 64271 Darmstadt; mobile Phase: Acetonitril: H <sub>2</sub> O (70:30); Flow: 1 ml/min; Druck: ca. 124 bar; Temperatur: 30 °C, Detektor: RID (Brechungsindex-Detektor)

### Phytat-Phosphor

Die Bestimmung des Phosphorgehaltes bzw. Phytat-P Gehaltes wurde durch die Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie der Universität Hohenheim, Abteilung Futtermittel durchgeführt. Für die Bestimmung des Phosphorgehaltes wurde die Probe (0,5 mm Mahlgut) verascht und mit Salzsäure aufgeschlossen. Die Messung erfolgte mittels optischer Emissionsspektrometrie und induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES: Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) nach VDLUFA Methodenbuch Band VII 2.2.2.6. Die Bestimmung der Phytat-P Gehalte wurde in Anlehnung an die Methode von HARLAND & OBERLEAS (1986) (Anionen-Austausch-Chromatographie) durchgeführt.

### Phenole und Tannine

Die Bestimmung der verschiedenen Tanninfraktionen (Tab. 26) in Körnern von Erbsen und Ackerbohnen bzw. deren Körnerschrotsilagen erfolgte photometrisch (UV-Spectrophotometer Gebesys 5, Firma Milton Roy Company) aus einem mit gekühltem Aceton erstellten Extrakt nach einer Modifikation der Methodenvorschrift von MAKKAR & GOODCHILD (1996).

Tannine existieren im Pflanzenmaterial im Gemisch mit anderen phenolischen Komponenten. Es existiert keine einheitliche Methode für die quantitative Analyse der einzelnen Tanninfraktionen, welche die Beziehungen zwischen den phenolischen Verbindungen ausreichend und im Zusammenhang mit den Komplexbindungen zu nutritiven Substanzen (Proteine) berücksichtigt. Die unterschiedlichen Analysemethoden basieren auf den jeweiligen chemischen Eigenschaften und der strukturellen Vielfalt der Polyphenole. Die in der Regel verwendeten colorimetrischen Verfahren sind die Reaktion mit Folin-Ciocalteus, die Vanillin-HCl bzw. die Butanol-HCl Reaktion. DESHPANDE & CHERYAN (1985) weisen auf die unterschiedliche Sensitivität der Methoden hin und vermerken verschiedene Einflussparameter wie die Dauer der Probenlagerung, die Extraktionszeit, den Vermahlungsgrad und sogar den Effekt der Analytikroutine. Eine ausführliche Beschreibung der Analytik liegt im Anhang A44 vor.

Tab. 26: Bestimmung der Phenol- und Tanninfraktionen

Fraktion	Beschreibung	Referenz
Extrakt	lufttrockene Feinprobe (100 mg) mit 70 %igem Aceton (10 ml) extrahiert im Ultraschalbad und anschließendem Zentrifugieren	MAKKAR & GOODCHILD (1996)
Gesamtphenole [GP % TS]	Anfärbung mit Folin-Ciocalteus-Lösung; bestimmt als Tanninsäure-Äquivalent	JULKUNEN-TIITO (1985); MAKKAR <i>et al.</i> (1993)
Nicht-Tanninphenole [NTP % TS]	Fällung mit Polyvinylpyrrolidon	LAURENT (1975); WATERSON & BUTLER (1983)
Tanninphenol [TP % TS]	Berechnung: GP – NTP	
extrahierbare kondensierte Tannine [KT % TS]	Extraktion mit Butanol-HCl-Fe-Reagenz; bestimmt als Leucocyanigin-Äquivalent	PORTER <i>et al.</i> (1986)

#### 4.1.3.5 Bestimmung der Gärprodukte und Veränderungen im Silierprozess

Die qualitative und quantitative Erfassung des Gärproduktmusters erfolgte in den zur Lagerung eingefrorenen Filtraten des Rostocker Fermentationstestes und den Silageextrakten der Modellsilagen. Es wurden der pH-Wert, die Osmolalität sowie die Gärsäuren und Alkohole in den Filtraten des Rostocker Fermentationstestes und den Silageextrakten ermittelt. Die Daten (pH-Wert und Osmolalität) wurden in Bezug zum Ausgangsmaterial (Kaltwasserextrakt aus unsiliertem Körnerschrot) gesetzt. In den Silageextrakten erfolgte weiterhin die Analyse von Ammoniak und  $\alpha$ -Amino-N.

#### Gärsäuren und Alkohole

Die Bestimmung der Gärprodukte erfolgte im Filtrat des Kaltwasserextraktes aus 50 g Silage und 200 ml aqua dest. (15 h Lagerung bei 4 °C). Die Gehalte an Fermentationsprodukten wie Milchsäure, flüchtigen Fettsäuren und Alkoholen wurden mittels HPLC (Milchsäure) und Gaschromatographie (Essig-, Propion-, Butter- und i-Valeriansäure, Ethanol, Propanol und 2,3-Butandiol) mit einem inneren Standard analytisch erfasst. Parametereinstellung und Grundkalibrierung am HPLC-Gerät bzw. am Gaschromatograph (Shimadzu) sind aus Tabelle 27 ersichtlich.

Tab. 27: Parametereinstellung und Grundkalibrierung am HPLC-Gerät bzw. am Gaschromatograph für die Analyse der Gärsäuren und Alkohole

HPLC-Gerät:	Shimadzu-Deutschland GmbH; Trennsäule: Aminex HPX-87H, Biorad, Hercules, USA; Flussmittel 10 mM H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Flussrate: 0,6 ml/min, Temperatur: 60 °C und Detektion: UV-Index bei 210 nm.
Gaschromatograph: Shimadzu mit Integrator Chromatpac (GC14A)	Dosierung mit 0,5 µl mit Split; - Kapillarsäule: FFAP-DF-0,25; 25 m x 0,32 mm; Trägergas: N <sub>2</sub> reinst; P1 = 0,75 kp/cm <sup>2</sup> ; P2 = 1 kp/cm <sup>2</sup> ; Wasserstoff = 0,6 kp/cm <sup>2</sup> ; Luft = 0,5 kp/cm <sup>2</sup> ; Temperaturprogramm: 1,5 min bei 110 °C konstant, Aufheizphase: 12 °C/min bis 170 °C; 3 min bei 170 °C konstant; Injektortemperatur: 190 °C; Detektion: FID (Shimadzu), Temperatur: 190 °C; Detektor-Sensitivität: 10 <sup>2</sup> ; Splittverhältnis: 1:50 bis 1:70; Innere Standards: Isocaprinsäure für FFS, n-Pentanol für Alkohole.

Die erhaltenen Messdaten beziehen sich zunächst auf deren Konzentration in % des Extraktes. Über Multiplikation mit dem Faktor (F) wurde der Gehalt in % der OS abgeleitet. Der Faktor wurde nach der Formel von BLOCK & WEISSBACH (1982) berechnet und berücksichtigt neben dem zugesetzten Wasser (50 g Material mit 200 ml aqua dest.) auch den Wassergehalt der Silageprobe. Nach Umrechnung wurden die Ergebnisse stets in Prozent der TS-Einwaage ausgedrückt, um die Art und den Umfang der Stoffumsetzungen zu charakterisieren. Die Auswertung der einzelnen Gärparameter erfolgte nach Angaben des DLG-Schlüssels (Anhang A42).

##### **Bestimmung von $\alpha$ -Amino-N im Silageextrakt**

Um die Qualität des Gärverlaufes und -erfolges zu beurteilen, wurden neben dem Rohproteingehalt einzelne Stickstofffraktionen wie  $\text{NH}_3\text{-N}$  und  $\alpha$ -Amino-N im Silageextrakt ermittelt, so dass proteolytische und desmolytische Vorgänge während der Konservierung aufgezeichnet werden konnten. Die Versuchsreihe mit der Ninhydrinreaktion zur  $\alpha$ -Amino-N Bestimmung basiert auf den Veröffentlichungen von RUHEMANN (1911). Die photometrische Bestimmung des  $\alpha$ -Amino-N im Extrakt erfolgte nach Vorschrift von ROSEN (1957) und den methodischen Empfehlungen von BICKEL *et al.* (2006). Die im Wasserbad (max. 30 °C) aufgetauten Extrakte (1 ml) wurden mit 9 ml aqua dest. versetzt und homogenisiert. Je nach Konzentration an  $\alpha$ -Amino-N (Vorprobe durch Verdünnungsreihe) erfolgte im Reagenzglas mit Schliffverschluss die Vermengung von 1 ml Extrakt mit 0,5 ml Zyanid Acetat Puffer (20 ml NaCN-Lösung mit Acetatpuffer auf 1 l) und 0,5 ml einer 3 %igen Ninhydrin-Lösung. Nach einem fünfzehnminütigen Wasserbad bei Siedetemperatur wurden 10 ml Isopropanol-Wasser-Lösung zur Probe gegeben und diese zum Abkühlen stehen gelassen. Aus einer zuvor hergestellten Stammlösung der Aminosäure Glycin (500  $\mu\text{g}$   $\alpha$ -Amino-N/ml Lösung) standen Eichlösungen verschiedener Konzentrationen (1, 2, 3 bzw. 4 ml auf 100 ml verdünnt) bereit, so dass für die Eichkurve unterschiedliche Verdünnungen angesetzt werden konnten. Für den Blindwert wurde 1 ml aqua dest. verwendet. Die Eichlösungen (1 ml) wurden wie die zu untersuchenden Proben behandelt. Für die Ermittlung des  $\alpha$ -Amino-N wurde die Extinktion (=  $-\log$  Transmission) der mit Ninhydrin angefärbten Proben photometrisch (Spectronic Genesys 5 von Milton Roy) bei 570 nm gegen den Nullwert der Eichkurve gemessen. Aufgrund der geringen Eigenabsorption erfolgte die photometrische Messung der Extinktion mit Einwegküvetten aus Kunststoff. Über die Extinktion in Abhängigkeit von der  $\alpha$ -Amino-N Konzentration der Eichreihe konnte mit Hilfe einer linearen Regression der Gehalt an mg  $\alpha$ -Amino-N  $\text{ml}^{-1}$  Extrakt unter Berücksichtigung der Verdünnung und Zusammensetzung der Probenlösung berechnet werden. Für jeden Analysetag erfolgte eine erneute Berechnung der Regression mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes. Im Anhang A45 sind Anmerkungen zur Analysenvorschrift aufgeführt.

##### **Ammoniak**

In Abhängigkeit vom Gärverlauf werden die Proteine über Enzyme hydrolytisch in Aminosäuren gespalten (Proteolyse). Die Intensität des anschließenden Aminosäureabbaus (Desmolyse) zum Endprodukt Ammoniak hängt vom Gärverlauf, insbesondere der Aktivität von proteolytisch wirkenden Clostridien ab. Zur Qualitätsbeurteilung der Silage erfolgte die

Ammoniakbestimmung im Silageextrakt nach der Conway-Methode (1935) in einer Modifikation von VOIGT & STEGER (1967). Der  $\text{NH}_3\text{-N}$  wurde in % am Gesamt-N angegeben.

### **Bestimmung der Osmolalität**

Die Osmolalität wurde im Extrakt aus 50 g Material und 200 ml Wasser ermittelt. Beprobt wurden die Extrakte aus unsiliertem Körnerschrot und den Silagen (Kaltwasserextrakt 15 h Lagerung bei 4 °C) bzw. die Filtrate des RFT. Die Messung erfolgte mittels Gefrierpunktniedrigung nach HOEDTKE (2008) mit Hilfe eines Gefrierpunktsmometers. Laut Definition drückt die Osmolalität die Anzahl an osmotisch wirksamen Teilchen in 1 kg Lösung aus. Die direkte Messung der Gesamtosmolalität wässriger Lösungen mit Hilfe eines digitalen Osmometers (OSMOMAT 030 der Firma Gonotec GmbH) beruht auf dem thermodynamischen Prinzip, dass der Gefrierpunkt einer wässrigen Lösung proportional der molalen Konzentration der gelösten Teilchen herabgesetzt wird. Über vergleichende Messungen der Gefrierpunkte von aqua dest. (-1,86 °C; 0 mosmol/kg) und geeichten Standardlösungen (300 mosmol/kg) wird die Konzentration an gelösten osmotisch wirksamen Teilchen in Osmolalitätseinheiten (osmol/kg) angegeben. Zur Bestimmung werden 50 µl vom wässrigen Extrakt im Proberöhrchen mit Hilfe einer thermostatisch gesteuerten Kühleinrichtung unter den Gefrierpunkt abgekühlt. Anschließend wird die Kristallisation durch automatisches Impfen der Probe mit Eiskristallen (Eintauchen einer Nadel) induziert. Beim Erstarren wird Kristallisationswärme frei und die auf ein Plateau (Gefrierpunkt) ansteigende Temperatur wird vom Gerät angezeigt. Da der TS-Gehalt des Materials im Extrakt verändert wurde, wurde die gemessene Osmolalität entsprechend der zugesetzten Wassermenge über das Einengungsverhältnis (HOEDTKE *et al.* 2005) auf die Originalsubstanz korrigiert, so dass die Osmolalitätswerte der Auszüge vergleichbar waren.

#### **4.1.4 Statistische Auswertung**

Die mathematisch statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der Software Excel und SPSS für Windows (SPSS Inc., Chicago/Illinois, USA). Bis auf Angaben mit explizit aufgeführter Einheit, wurden die Daten in % der TS berechnet, um eine Basis der Vergleichbarkeit verschiedener Parameter zu erhalten. In den Tabellen der vorliegenden Arbeit sind Mittelwerte und Standardabweichungen ( $\pm s$ ) angegeben.

Alle paarweisen Mittelwertvergleiche wurden mit dem *t*-Test nach Student durchgeführt. Für den Test auf signifikante Differenzen bei multiplen Mittelwertvergleichen wurden die einfaktorielle „ANOVA“ bzw. die univariate Varianzanalyse angewandt. Bei Annahme gleicher Varianz (Levene-Test auf Varianzhomogenität der Gruppen,  $\alpha < 0,05$ ) wurde der Duncan-Test angewandt. Bei Daten mit Varianzheterogenität wurde die Differenz der Mittelwerte mittels

Dunnett-T3-Test auf Signifikanz geprüft. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % festgelegt ( $\alpha = 0,05$ ). Dies entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Bei nicht zufällig erklärten Unterschieden zwischen den Mittelwerten wurde die ermittelte Signifikanz durch verschiedene Klein- bzw. Großbuchstaben innerhalb der Tabellen gekennzeichnet. Beziehungen zwischen Parametern wurden über Regressionsanalysen mit Angabe der Regressionsgleichung, des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) ausgewiesen. Die aufgeführten Grafiken wurden mittels Microsoft Excel erstellt.



## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Ergebnisse zum Futterwertpotenzial großsamiger Leguminosenkörner

#### 4.2.1.1 Nutritive Futterwertparameter und Schätzung des energetischen Futterwertes bei reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

In Tabelle 28 sind die Befunde der klassischen Rohnährstoffanalyse aufgeführt. Die Rohproteingehalte liegen zwischen 23–47 % der TS, wobei sortenspezifische Unterschiede in den Gehalten berücksichtigt werden müssen. In diesem Kontext fällt die Variation von Lupinen besonders deutlich auf, da speziell die gelben Lupinensorten einen beachtlichen Rohproteingehalt von bis zu 47 % in der TS (Sorte 'Borsaja') enthalten.

Lupinenkörner zeichnen sich durch hohe Fettgehalte mit dem entsprechenden Energiepotenzial aus. Insbesondere in Weißen Lupinen beträgt die Fettfraktion bis 13 % der TS. Gegenüber den DLG-Angaben sind in den eigenen Untersuchungen die Fettgehalte für Lupinenkörner etwas höher determiniert. In Erbsen- und Ackerbohnenkörnern erreichen die Gehalte an Fett maximal 2 % der TS und sind damit ähnlich gering wie bei Soja.

Tab. 28: Nährstoff- und Energiegehalte reifer, lagertrockener Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (n = 3)

Art	Sorte	TS	XA	XP	XL	XF	XS	XZ	MEs* <sup>1</sup>	ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>	
		[%]				[% TS]			[MJ ME/kg TS]		
Ackerbohne	'Limbo'	89,25	3,64	30,96	1,78	8,52	43,32	2,83	13,03	12,80	
	'Scirocco'	88,42	3,46	28,87	1,72	9,98	41,39	2,81	12,79	12,13	
Futtererbse	'Lisa'	89,86	3,51	23,38	1,84	7,67	48,03	2,32	13,95	12,43	
	'Santana'	90,00	3,15	26,95	2,06	6,75	47,69	3,59	14,23	13,01	
	'Laser'	89,65	2,92	23,82	1,71	6,69	51,92	3,08	14,12	13,11	
	'Sponsor'	89,52	3,29	23,83	1,95	6,92	51,85	3,29	14,08	13,18	
	'Phönix'	90,20	3,68	27,03	1,87	8,02	48,68	2,32	14,17	13,11	
	'Catania'	89,34	3,30	23,08	2,23	6,59	50,60	4,32	14,04	12,96	
Blaue Lupine (süß)	'Sonet'	90,68	4,14	32,92	6,56	14,47	1,49	3,85	14,04	7,77	
	'Boltensia'	91,11	3,87	38,32	6,19	13,68	1,57	4,66	14,36	8,51	
	'Boruta'	90,60	3,71	37,07	7,09	11,61	1,37	4,45	14,39	8,59	
	'Borweta'	90,74	3,96	36,39	7,21	13,37	2,03	5,70	14,39	8,64	
	'Bolivio'	90,56	4,02	36,69	6,99	13,28	1,49	4,33	14,31	8,51	
	'Bordako'	90,71	4,17	37,46	5,95	12,26	1,88	4,60	14,19	8,34	
	'Borlu'	91,40	3,78	39,45	6,78	10,65	1,73	4,33	14,56	8,91	
	'Bora'	90,54	3,70	40,62	7,02	12,72	1,50	4,88	14,56	9,14	
	(bitter)	'Azuro'	90,91	3,59	40,15	5,63	14,93	1,14	3,13	14,34	8,51
		'Rubine'	91,06	3,56	33,36	6,61	14,99	1,06	2,86	14,17	7,78
Gelbe Lupine (süß)	'Bornal'	90,73	5,40	42,40	6,80	13,51	1,00	3,18	14,26	9,24	
	'Borsaja'	91,11	5,65	46,73	6,29	13,74	1,06	3,19	14,42	9,74	
Weiße Lupine (süß)	'Amiga'	91,21	4,36	39,28	11,05	11,67	0,93	5,23	15,00	10,22	
	'Bardo'	92,28	3,87	36,91	12,91	12,04	0,85	4,46	15,37	10,47	
	(bitter)	'Weibit'	91,67	3,58	39,61	11,99	11,67	0,71	4,34	15,31	10,55

\*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (1989); TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (ΣFructose, Glucose, Saccharose, Galactose)

Der Stärkegehalt in Ackerbohnen- und Erbsenkörnern liegt zwischen 41–52 % der TS. Die Gehalte bei den ausgewählten Lupinensorten erreichen dagegen nur bis zu 2 % der TS.

Trotz der beachtlichen Menge an Kohlenhydraten in Leguminosensamen beinhalten diese nur einen geringen Gehalt an Zucker (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose; Anhang 49). Im Vergleich zu DLG-Angaben mit 4–7 % Zucker in der TS wurden bei den zur Verfügung stehenden Körnerproben geringere Zuckerwerte gemessen. Die niedrigsten Zuckergehalte weisen mit maximal 2,8 % der TS Ackerbohnsamen auf.

Die analysierten Rohfasergehalte der Lupinensorten erreichen 11–15 % der TS und liegen damit deutlich höher als bei Ackerbohnen und Erbsen (Tab. 29).

Tab. 29: Gehalte an Faserfraktionen in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten (n = 3)

Art	Sorte	TS	XF	NDF	ADF	ADL	Hemicellulose* <sup>1</sup>	Cellulose* <sup>1</sup>	
		[%]							[% TS]
Ackerbohne	'Limbo'	89,25	8,52	24,02	13,06	1,13	10,96	11,93	
	'Scirocco'	88,42	9,98	25,28	15,52	1,30	9,76	14,22	
Futtererbse	'Lisa'	89,86	7,67	26,37	13,93	0,81	12,44	13,12	
	'Santana'	90,00	6,75	22,28	9,52	0,11	12,76	9,41	
	'Laser'	89,65	6,69	23,54	9,86	0,26	13,68	9,60	
	'Sponsor'	89,52	6,92	24,53	9,56	0,27	14,97	9,29	
	'Phönix'	90,20	8,02	26,49	11,55	0,22	14,94	11,33	
	'Catania'	89,34	6,59	25,00	9,28	0,12	15,72	9,16	
Blaue Lupine (süß)	'Sonet'	90,68	14,47	25,31	22,15	0,91	3,16	21,24	
	'Boltensia'	91,11	13,68	21,91	19,84	0,67	2,07	19,17	
	'Boruta'	90,60	11,61	19,25	17,31	0,78	1,94	16,53	
	'Borweta'	90,74	13,37	21,64	20,17	0,65	1,47	19,52	
	'Bolivio'	90,56	13,28	21,24	20,34	0,44	0,90	19,90	
	'Bordako'	90,71	12,26	21,09	18,65	0,94	2,44	17,71	
	'Borlu'	91,40	10,65	18,86	17,65	0,51	1,21	17,14	
	'Bora'	90,54	12,72	21,48	19,21	0,53	2,27	18,68	
	(bitter)	'Azuro'	90,91	14,93	24,68	22,67	0,52	2,01	22,15
		'Rubine'	91,06	14,99	23,59	22,07	0,48	1,52	21,59
Gelbe Lupine (süß)	'Bornal'	90,73	13,51	22,11	20,63	0,69	1,48	19,94	
	'Borsaja'	91,11	13,74	24,10	20,18	0,70	3,92	19,48	
Weiße Lupine (süß)	'Amiga'	91,21	11,67	20,27	18,11	0,73	2,16	17,38	
	'Bardo'	92,28	12,04	19,08	18,60	0,62	0,48	17,98	
(bitter)	'Weibit'	91,67	11,67	21,05	19,55	0,77	1,50	18,78	

\*<sup>1</sup> berechnet; ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); TS: Trockensubstanz; XF: Rohfaser

Dabei werden die Fasergehalte der Körner im Wesentlichen durch die Charakteristika der Samenschale beeinflusst. Es ist darauf hinzuweisen, dass im Vergleich zu DLG-Angaben erhöhte NDF-Gehalte bei Ackerbohnen und Erbsen bzw. bei den untersuchten Lupinenkörnern geringere ADL-Gehalte (< 1 %) analysiert worden sind. Dieser Umstand kann durch unterschiedliche Behandlungseinflüsse und Analysemethoden begründet sein. Da die in Lösung verbleibenden Anteile (Pektine) bei der erweiterten Detergenzienmethode nach VAN SOEST & WINE (1967) nicht erfasst werden, spiegelt der NDF-Gehalt nicht die Gesamtmenge der Gerüstkohlenhydrate in den Körnern wider (CARRE *et al.* 1985; WISEMAN & COLE 1988).

Der für Schweine kalkulierte energetische Futterwert von Blauen und Gelben Lupinen ist mit ca. 14,3 ME MJ/kg TS niedriger als bei Weißen Lupinen (15,3 ME MJ/kg TS). Die geschätzte Energie der untersuchten Ackerbohnen und Erbsen entspricht mit 12,9 und 14,1 ME MJ/kg TS

den DLG-Angaben (Tab. 28). Für Geflügel sind die kalkulierten Energiegehalte z. T. etwas höher als nach DLG-Angaben (Ackerbohne: 12,5 ME MJ/kg TS, Erbse: 13,0 ME MJ/kg TS, Lupine 7,8–10,6 ME MJ/kg TS).

### **Aminosäuren**

In den Anhangstabellen A46–A48 ist die Aminosäurezusammensetzung der geprüften Leguminosenkörner dargestellt. Entsprechend den hohen Rohproteinwerten zeigen Lupinen (vor allem *L. luteus*) den höchsten Gesamtaminosäuregehalt (92 % am XP) und einen hohen Anteil an essenziellen Aminosäuren am Rohprotein auf. Die Aminosäuren Arginin, Lysin, Glutaminsäure, Asparaginsäure und Leucin beziffern in den Leguminosenkörnern den höchsten Prozentanteil des gesamten Aminosäuregehaltes. Die im Vergleich zum Getreide hohen Lysingehalte konnten bestätigt werden, wobei die untersuchten Lupinensorten z. T. deutlich höhere Lysingehalte aufwiesen, als in den einschlägigen Tabellenwerken aufgeführt sind (DEGUSSA 2006: Blaue Lupine 13,2; Gelbe Lupine 14,3; Weiße Lupine 16,0 g/kg TS).

Der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren war gering. Der Methioninanteil an der Summe der schwefelhaltigen Aminosäuren lag bei Ackerbohnen und Erbsen bei durchschnittlich 40 % und bei Lupinen bei 25–30 %. Herauszuheben sind allerdings die Cystingehalte in den Körnern der Gelben Lupine, die mit 9,5 ('Bornal') bzw. 8,0 g/kg TS ('Borsaja') z. T. über den für Sojaextraktionsschrot ausgewiesenen Werten liegen. Das Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren zueinander ist in den geprüften Lupinen vergleichbar mit dem von Sojaextraktionsschrot und stimmt insbesondere in den Körnern der Gelben Lupinen gut mit dem Bedarf von Mastschweinen überein (Anhang A48). Die Ackerbohnen und Erbsen weichen vor allem im Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren von der optimalen Aminosäurezusammensetzung für die Fütterung monogastrischer Nutztiere ab.

#### **4.2.1.2 Nutritive Futterwertparameter und Schätzung des energetischen Futterwertes in Ackerbohlen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt**

In Tabelle 30 und 31 sind die ermittelten Nährstoffgehalte des Erntematerials von 2005 und 2006 aufgeführt. Die analysierten Nährstoffgehalte der Körner reflektieren im Allgemeinen unter Berücksichtigung der bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen zu erwartenden Differenzen zwischen den Sorten bzw. der witterungsbedingten jährlichen Modifizierung sowohl die Werte der lagertrockenen Referenzproben als auch die Werte, welche der Literatur (Tab. 3) zu entnehmen sind. Die Abweichungen zu Literaturdaten und den Rohnährstoffgehalten in reifen, lagertrockenen Körnern sind im Kontext zum Reifestadium bzw. zum TS-Gehalt und der jährlichen Variation zu betrachten und auszuwerten.

Der Aschegehalt ist in den Körnern nicht hoch. Die Rohproteinwerte zeigen die erwartete Variationsbreite zwischen 21–26 % der TS bei Erbsenkörnern, durchschnittlich 28 % der TS bei Ackerbohnen und 33–40 % der TS in Lupinenkörnern. Dabei setzt sich der Rohproteingehalt aus dem Reinprotein und den Nicht-Protein-N-Verbindungen (NPN) zusammen. Zur NPN-Fraktion zählen z. B. freie Aminosäuren, Amide, Harnstoff, Ammoniak und Peptide. Im Erntegut (2005) belief sich der Reinproteinanteil am Rohprotein auf 70–77 % bei Lupinen, 82 % bei Ackerbohnen sowie 87 % bei Erbsen. VON SENGBUSCH (1931) ermittelte bei Lupinen Werte von 80 %, wobei er keine Korrelation zwischen dem Gesamt- und Reinproteinstickstoff fand. JANSEN *et al.* (2005) bestätigen den hohen Reinproteingehalt.

Tab. 30: Nährstoff- und Energiegehalte der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2005; n = 3)

Art	Sorte	TS	XA	XP	RP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	XS	XZ	MEs* <sup>1</sup>	ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>
		[%]	[% TS]	[% XP]	[% TS]				[MJ/kg TS]					
Ackerbohne	'Limbo'	65,25	3,34	28,22	81,7	1,98	9,17	11,35	11,10	0,21	43,95	5,33	13,30	12,57
		75,55	3,63	26,56	82,1	2,02	10,40	14,41	13,54	0,47	42,00	5,44	13,18	12,01
Erbsen	'Lisa'	64,42	3,65	21,23	87,5	1,84	8,42	14,74	10,89	0,51	46,99	5,01	14,10	11,95
		75,13	3,93	21,57	86,6	1,85	8,03	14,83	10,90	0,39	47,40	4,76	14,04	12,07
Blaue Lupine (süß)	'Borlu'	67,24	3,62	39,42	76,8	5,86	13,47	20,48	18,49	0,48	2,22	2,87	14,53	8,65
		73,86	3,90	39,65	75,9	5,72	14,46	23,11	19,20	0,93	2,53	4,89	14,51	8,71
(bitter)	'Azuro'	67,11	4,03	35,92	73,4	5,81	16,48	23,46	18,90	0,44	2,43	4,89	14,36	8,15
		74,61	3,90	36,27	73,9	6,44	14,49	22,66	19,78	0,66	2,39	4,74	14,44	8,41
		66,07	3,76	35,40	69,9	4,95	16,70	24,38	21,21	0,48	1,97	5,60	14,23	7,70
		70,80	3,86	35,46	70,2	5,24	17,18	25,73	22,18	0,78	2,24	5,29	14,24	7,85

\*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (1989); ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); RP: Reinprotein; TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose)

Tab. 31: Nährstoff- und Energiegehalte der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2006; n = 3)

Art	Sorte	TS	XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	XS	XZ	MEs* <sup>1</sup>	ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>
		[%]	[% TS]				[MJ/kg TS]						
Ackerbohne	'Limbo'	66,86	3,46	28,18	1,89	8,64	12,81	10,98	0,34	41,86	1,64	13,48	12,15
		76,99	3,60	28,84	1,91	8,58	13,26	11,21	0,29	40,92	1,62	13,51	12,10
Erbsen	'Lisa'	66,97	3,76	26,33	1,95	7,47	13,86	8,77	0,42	44,37	1,91	14,63	12,31
		76,17	3,52	26,45	1,85	7,57	13,96	9,13	0,42	44,40	1,63	14,48	12,29
Blaue Lupine (süß)	'Borlu'	65,53	3,45	35,53	6,85	12,24	21,26	16,22	0,46	0,00	3,61	14,79	8,03
		75,22	3,63	36,11	6,88	12,46	20,94	16,71	0,33	0,00	3,61	14,74	8,13
(bitter)	'Azuro'	66,24	3,83	35,21	7,00	14,88	23,20	18,16	0,68	0,00	3,79	14,64	8,03
		77,47	3,72	34,19	7,20	13,95	22,56	16,93	0,57	0,00	3,70	14,65	7,94
		66,61	3,75	33,36	6,52	16,01	23,93	20,27	0,42	0,00	3,33	14,58	7,57
		76,44	3,60	33,03	6,50	15,82	24,26	20,06	0,37	0,00	3,31	14,58	7,52

\*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (1989); ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose)

Die Stärkegehalte bei den Ackerbohnen- und Erbsenkörnern liegen erwartungsgemäß über 40 % der TS und in den Lupinenkörnern bei geringen 2 % der TS. Der Rohfett- und Rohfasergehalt der Lupinenkörner ist generell höher als bei Erbsen und Ackerbohnen. Im Anhang A50 und A51 sind die ermittelten Zuckerfraktionen des Erntematerials aufgeführt. Der Gehalt an Zucker (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) setzt sich vor allem aus Saccharose zusammen. Die

Saccharosegehalte – analysiert nach Vorgehensweise analog SCHMIDT *et al.* (2005) – betragen 1,6–3,6 % der TS. Galactose, u. a. als Abbauprodukt der Oligosaccharide, ist bis 3,1 % in der TS enthalten. Die Zuckergehalte sind zwischen den Erntejahren sehr verschieden. Im Vergleich zu DLG-Angaben wurden geringere Zuckergehalte – vor allem bei Erbsen und Lupinen – ermittelt. Die nach den Rohnährstoffen in Lupinenkörnern ermittelten energetischen Futterwerte für Schweine sind etwas höher als die in der Literatur (Tab. 13) angegebenen Gehalte, wobei im Vergleich der Sorten die Gehalte der Bitterlupine ('Azuro') mit 14,4 ME MJ/kg TS am niedrigsten sind. Die hohen Energiegehalte der Ackerbohne ('Limbo') und Erbse ('Lisa') aus den Untersuchungen reifer, lagertrockener Körner werden im Erntegut bestätigt. Für Geflügel sind die kalkulierten Energiegehalte ähnlich den DLG-Angaben (Ackerbohne: 12,2 ME MJ/kg TS, Erbse: 12,1 ME MJ/kg TS, Lupine 7,5–8,7 ME MJ/kg TS).

#### 4.2.1.3 Antinutritive Inhaltsstoffe in reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

##### Alkaloide

Die für die experimentelle Untersuchung ausgewählten Sorten enthalten die in Tabelle 32 aufgeführten Alkaloidgehalte. In den Süßlupinensorten beträgt der Alkaloidgehalt bis zu 0,7 % der TS und illustriert deutlich die mögliche Schwankungsbreite. Die Sorte 'Bolivio' mit einem erhöhten Alkaloidgehalt wurde zum Januar 2006 abgemeldet und ist in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes nicht mehr aufgeführt. Anhand der Alkaloidgehalte ist auch der Züchtungsfortschritt der letzten Jahre zu erkennen. Die Analyse des Gesamtalkaloidgehaltes bestätigt die hohe Differenz zwischen Süß- und Bitterlupinen. Eine Ausnahme ist im Alkaloidgehalt der Bitterlupinensorte 'Rubine' mit 0,06 % der TS ersichtlich.

Tab. 32: Alkaloidgehalte in reifen, lagertrockenen Lupinenkörnern verschiedener Sorten

Art	Sorte	TS	Alkaloid (gesamt)	
		[%]	[% TS]	
Blaue Lupine (süß)	'Sonet'	90,68	0,125	
	'Boltensia'	91,11	0,153	
	'Boruta'	90,60	0,048	
	'Borweta'	90,74	0,107	
	'Bolivio'	90,56	0,667	
	'Bordako'	90,71	0,080	
	'Borlu'	91,40	0,493	
	'Bora'	90,54	0,094	
	(bitter)	'Azuro'	90,91	2,289
		'Rubine'	91,06	0,061
Gelbe Lupine (süß)	'Bornal'	90,73	0,018	
	'Borsaja'	91,11	0,000	
Weiße Lupine (süß)	'Amiga'	91,21	0,037	
	'Bardo'	92,28	0,228	
	(bitter)	'Weibit'	91,67	3,986

Alkaloid (gesamt): externer Standard bei Messung mit GC-MS: Lupanin und Spartein; TS: Trockensubstanz

### Oligosaccharide

Im Anhang A49 sind die Galactose-, Saccharose- und Oligosaccharidgehalte der lagertrockenen Körner aufgeführt. Galactose und Saccharose gehören dabei nicht zu den antinutritiven Substanzen, sind aber für die qualitative Futterbewertung von Bedeutung. Die Saccharosegehalte betragen 1,1–4,9 % der TS. Galactose, u. a. als Abbauprodukt der Oligosaccharide ist bis 1,2 % in der TS enthalten. Der Anteil der Oligosaccharide (RFO:  $\Sigma$  Raffinose, Stachyose und Verbascose) in den Körnern unterschiedlicher Leguminosen beträgt durchschnittlich 50 % (Ackerbohne) bis 76 % (Gelbe Lupine) am Gesamtzuckergehalt ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose, Raffinose, Stachyose und Verbascose). Die Summe der Gehaltsangaben aus Raffinose, Stachyose und Verbascose schwankt erheblich. Die Stachyosefraktion dominiert generell in Lupinensamen und ist mit durchschnittlich 58 % der RFO bei Blauen Lupinen und bis 83 % der RFO bei Weißen Lupinen enthalten. Der Verbascosegehalt ist hingegen in Gelben Lupinen mit 37 % der RFO höher als in Blauen und Weißen Lupinen. Die Raffinosegehalte schwanken bei Lupinen zwischen 8,0–16,4 % der RFO. Der Stachyoseanteil ist nicht nur in Lupinen, sondern auch in Erbsen (31–52 % der RFO) mit höchsten Gehalten vertreten. Das Verhältnis von Stachyose und Verbascose ist aber bei Erbsen relativ ausgeglichen, obwohl sortenspezifische Verlagerungen der Höchstanteile zu bemerken sind. Die Raffinosegehalte schwanken bei Erbsen zwischen 9,4–18,5 % der RFO. In Ackerbohnsamen ist hingegen Verbascose (ca. 80 % der RFO) ausgeprägt.

### Phytat-Phosphor

Tabelle 33 zeigt die Gehalte an Gesamt-Phosphor und Phytat-P sowie den Anteil des Phytat-P am Gesamt-Phosphor in den geprüften reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern. Hinzuweisen ist auf die hohen Gehalte an Gesamt-Phosphor in den Sorten der Gelben Lupine, aus denen auch unter Berücksichtigung des phytinsäuregebundenen Anteils die höchsten absoluten Gehalte an verwertbarem Phosphor im Korn resultieren.

Tab. 33: Gesamt-Phosphor, Phytat-Phosphor und Anteil des Phytat-Phosphors am Gesamt-Phosphor in reifen, lagertrockenen Körnern verschiedener Leguminosenarten und -sorten

Art	Sorte	TS	Gesamt-Phosphor	Phytat-Phosphor	Phytat-Phosphor am Gesamt-Phosphor
		[%]	[% TS]	[% TS]	[%]
Ackerbohne	'Limbo'	89,25	0,44	0,20	46,2
	'Scirocco'	88,42	0,48	0,27	57,1
Erbsen	'Lisa'	89,86	0,37	0,17	45,5
	'Santana'	90,00	0,39	0,17	42,9
Blaue Lupine	(süß) 'Borlu'	91,40	0,56	0,27	49,0
	'Bora'	90,54	0,50	0,21	42,2
	(bitter) 'Azuro'	90,91	0,40	0,16	41,7
	'Rubine'	91,06	0,47	0,23	48,8
Gelbe Lupine	(süß) 'Bornal'	90,73	0,98	0,52	52,8
	'Borsaja'	91,11	0,98	0,46	47,2
Weiße Lupine	(süß) 'Bardo'	92,28	0,39	0,18	47,2
	(bitter) 'Weibit'	91,67	0,43	0,21	48,7

## Phenole und Tannine

Die Tanninfraktionen wurden in den Körnern von Ackerbohnen und Erbsen analysiert (Tab. 34).

Tab. 34: Gehalte an Phenol- und Tanninfraktionen in reifen, lagertrockenen Ackerbohnen- und Erbsenkörnern verschiedener Sorten (n = 3)

Art	Sorte	Blüten-/ Kornfarbe	TS		Gesamt- phenole		Nicht- Tanninphenole		Tannin- phenole		kondensierte Tannine*	
			[%]	[% TS]	[%]	[% TS]	[%]	[% TS]	[%]	[% TS]		
Ackerbohne	'Limbo'	bunt	89,25	1,34	±0,01	0,57	±0,01	0,77	±0,02	1,72	±0,02	
	'Scirocco'	bunt	88,42	0,93	±0,14	0,44	±0,05	0,50	±0,11	0,83	±0,07	
Erbsen	'Lisa'	dunkel	89,86	0,96	±0,07	0,36	±0,09	0,59	±0,06	1,78	±0,08	
	'Santana'	weiß	90,00	0,09	±0,02	0,10	±0,02	0,00	±0,01	0,10	±0,06	
	'Laser'	weiß	89,65	0,09	±0,03	0,13	±0,01	0,00	±0,00	0,01	±0,01	
	'Sponsor'	weiß	89,52	0,09	±0,01	0,10	±0,02	0,00	±0,00	0,11	±0,08	
	'Phönix'	weiß	90,20	0,11	±0,02	0,12	±0,02	0,00	±0,01	0,12	±0,06	
	'Catania'	weiß	89,34	0,10	±0,02	0,11	±0,02	0,00	±0,01	0,11	±0,07	

\*extrahierbare kondensierte Tannine; TS: Trockensubstanz

### Ackerbohne

Die für die untersuchten bunt blühenden Sorten ('Limbo', 'Scirocco') ermittelten Gehalte an Gesamtphenolen, Tanninphenolen und kondensierten Tanninen liegen größtenteils unter den in der Literatur (MAKKAR *et al.* 1997; ABEL & GERKEN 2004) angegebenen Werten. Große Schwankungsbreiten der Tanningehalte – auch innerhalb einer Sorte – sind jedoch bekannt.

### Erbsen

Erwartungsgemäß konnten in den weiß blühenden Erbsensorten nur vernachlässigbar geringe Gehalte an kondensierten Tanninen von maximal 0,1 % der TS festgestellt werden (Tab. 34). Für die dunkel blühende Sorte 'Lisa' wurden hingegen 1,0 % GP bzw. 0,6 % TP und 1,8 % KT in der TS ermittelt.

#### 4.2.1.4 Antinutritive Inhaltsstoffe in mit hohen Restfeuchtegehalten geernteten Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

### Alkaloide

Die mit hoher Kornfeuchte geernteten Lupinenkörner enthalten zwischen den Vegetationsjahren deutlich verschieden hohe Alkaloidgehalte (Tab. 35). Selbst bei den Süßlupinen wurde der kritische Alkaloidgehalt von 0,05 % der TS für die Verfütterung überschritten.

Tab. 35: Alkaloidgehalte in Lupinenkörnern verschiedener Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Art	Sorte	2005		2006	
		TS	Alkaloid (gesamt)	TS	Alkaloid (gesamt)
		[%]	[% TS]	[%]	[% TS]
Blaue Lupine (süß)	'Borlu'	67,24	±0,00	0,116	±0,027
		73,86	±0,20	0,195	±0,005
	'Bora'	67,11	±0,11	0,103	±0,018
		74,61	±0,10	0,091	±0,033
(bitter)	'Azuro'	66,07	±0,13	2,991	±1,060
		70,80	±0,04	1,090	±1,070

Alkaloid (gesamt): externer Standard bei Messung mit GC-MS: Lupanin und Spartein; TS: Trockensubstanz

### Oligosaccharide

Im Anhang A50 und A51 sind die Gehalte an Oligosacchariden für die geprüften Leguminosensamen bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt zusammengestellt. Die Gehalte an Oligosacchariden ( $\Sigma$  Raffinose, Stachyose und Verbascose) nehmen zwischen Ackerbohne, Erbse und Lupine zu. Der Stachyoseanteil ist mit durchschnittlich 4,0 % der TS in Lupinensamen reichlich vertreten. Geringere Stachyosegehalte sind in der untersuchten Erbsen- und Ackerbohnenart zu finden, bei denen dagegen vor allem in Ackerbohnen der Verbascoseanteil dominiert. Die Gehalte der Raffinosefraktion sind in Leguminosenkörnern insgesamt sehr gering.

### Phenole und Tannine

Für die Silierversuche mit feucht geernteten Körnern wurden entsprechend der Zielstellung Sorten mit hohen Tanningehalten ausgewählt. Die Erbsenkörner der Sorte 'Lisa' weisen dabei geringere Phenol- und Tanningehalte als Ackerbohnen ('Limbo') auf (Tab. 36). Das Verhältnis zwischen NTP und TP liegt bei Erbsenkörnern ('Lisa') bei 30 : 70 und in Ackerbohnen ('Limbo') bei 40 : 60. Die auftretenden Unterschiede in den Gehalten zwischen den TS-Stufen einer Sorte sind z. T. auf die mit fortschreitender Reife zunehmenden Gehalte der Phenolfractionen im Korn (HARTMANN *et al.* 2005) und auf die Heterogenität der Pflanzen innerhalb eines Bestandes zurückzuführen. Die im Vergleich zum Tanninphenolgehalt höheren Mengen an kondensierten Tanninen haben analytisch-methodisch bedingte Ursachen.

Tab. 36: Phenol- und Tanninfraktionen in Ackerbohnen- und Erbsenkörnern der Sorten 'Limbo' und 'Lisa' bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch	Art	Sorte	TS		Gesamt-phenole		Nicht-Tanninphenole		Tannin-phenole		kondensierte Tannine*	
			[%]		[% TS]		[% TS]		[% TS]		[% TS]	
2005	Ackerbohne	'Limbo'	65,25	$\pm 0,16$	1,84	$\pm 0,18$	0,76	$\pm 0,07$	1,09	$\pm 0,14$	2,58	$\pm 0,14$
			75,55	$\pm 0,09$	2,21	$\pm 0,15$	0,93	$\pm 0,08$	1,28	$\pm 0,10$	2,69	$\pm 0,12$
	Erbse	'Lisa'	64,42	$\pm 0,37$	1,38	$\pm 0,02$	0,40	$\pm 0,04$	0,98	$\pm 0,05$	2,41	$\pm 0,16$
			75,13	$\pm 0,15$	1,31	$\pm 0,10$	0,37	$\pm 0,04$	0,94	$\pm 0,09$	2,24	$\pm 0,15$
2006	Ackerbohne	'Limbo'	66,86	$\pm 0,17$	1,73	$\pm 0,03$	0,72	$\pm 0,02$	1,01	$\pm 0,02$	2,51	$\pm 0,39$
			76,99	$\pm 0,06$	1,65	$\pm 0,10$	0,78	$\pm 0,01$	0,90	$\pm 0,09$	2,23	$\pm 0,22$
	Erbse	'Lisa'	66,97	$\pm 0,32$	0,80	$\pm 0,05$	0,27	$\pm 0,02$	0,53	$\pm 0,06$	1,66	$\pm 0,17$
			76,17	$\pm 0,68$	0,77	$\pm 0,11$	0,28	$\pm 0,03$	0,49	$\pm 0,09$	1,67	$\pm 0,23$

\* extrahierbare kondensierte Tannine; TS: Trockensubstanz



## 4.2.2 Ergebnisse zur Prüfung der Silierbarkeit von großsamigen, einheimischen Leguminosenkörnern

### 4.2.2.1 Charakterisierung der chemischen Silierparameter

#### 4.2.2.1.1 Reife, lagertrockene Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner

Die Vergärbarkeitsparameter der ausgewählten Leguminosen sind in Tabelle 37 aufgeführt.

Tab. 37: Vergärbarkeitsparameter reifer, lagertrockener Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten; n = 3

Art	Sorte	TS	XA	XP	XZ	Pufferkapazität	Z/PK	
		[%]		[% TS]		[g MS/100 g TS]		
Ackerbohne	'Limbo'	89,25	3,64	30,96	2,83	5,30	0,53	
	'Scirocco'	88,42	3,46	28,87	2,81	4,60	0,61	
Futtererbse	'Lisa'	89,86	3,51	23,38	2,32	4,70	0,49	
	'Santana'	90,00	3,15	26,95	3,59	4,80	0,75	
	'Laser'	89,65	2,92	23,82	3,08	4,60	0,67	
	'Sponsor'	89,52	3,29	23,83	3,29	4,30	0,77	
	'Phönix'	90,20	3,68	27,03	2,32	4,70	0,49	
	'Catania'	89,34	3,30	23,08	4,32	4,10	1,05	
Blaue Lupine (süß)	'Sonet'	90,68	4,14	32,92	3,85	4,00	0,96	
	'Boltensia'	91,11	3,87	38,32	4,66	4,70	0,99	
	'Boruta'	90,60	3,71	37,07	4,45	4,30	1,04	
	'Borweta'	90,74	3,96	36,39	5,70	4,60	1,24	
	'Bolivio'	90,56	4,02	36,69	4,33	3,60	1,20	
	'Bordako'	90,71	4,17	37,46	4,60	4,10	1,12	
	'Borlu'	91,40	3,78	39,45	4,33	3,60	1,20	
	'Bora'	90,54	3,70	40,62	4,88	4,10	1,19	
	(bitter)	'Azuro'	90,91	3,59	40,15	3,13	4,10	0,76
		'Rubine'	91,06	3,56	33,36	2,86	3,50	0,82
Gelbe Lupine (süß)	'Bornal'	90,73	5,40	42,40	3,18	5,10	0,62	
	'Borsaja'	91,11	5,65	46,73	3,19	5,50	0,58	
Weiße Lupine (süß)	'Amiga'	91,21	4,36	39,28	5,23	6,00	0,87	
	'Bardo'	92,28	3,87	36,91	4,46	5,00	0,89	
	(bitter)	'Weibit'	91,67	3,58	39,61	4,34	5,20	0,83

MS: Milchsäure; TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XP: Rohprotein; XZ: Zucker ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose); Z/PK: Quotient aus Zucker (XZ) und Pufferkapazität

Die lagertrockenen Körner der untersuchten Leguminosen weisen geringe Zuckergehalte auf (2,3–5,7 % der TS; Durchschnitt: 3,8 % der TS). Die Körner der Ackerbohne haben den geringsten Zuckergehalt (2,8 % der TS). Zusammen mit dem hohen Proteingehalt, welcher sich puffernd auf die Gärsäuren auswirkt, und der daraus folgenden hohen Pufferkapazität von im Durchschnitt 35–60 g MS/kg TS, ergibt sich ein für die Silierung ungünstiger, geringer Z/PK-Quotient von unter 1 bei Ackerbohnen- und Erbsenkörnern bzw. maximal 1,2 bei Süßlupinen. Aus den vorgenannten Gründen ist die Silierbarkeit der Leguminosenkörner daher als schwer einzuschätzen.

#### 4.2.2.1.2 Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner bei Ernte mit hohen Feuchtegehalten

Entsprechend der als ungünstig einzuschätzenden Silierbarkeit der lagertrockenen Leguminosenkörner kann auch die potentielle Vergärbarkeit feucht geernteter Ackerbohnen-, Erbsen- und

Lupinenkörner anhand der chemischen Silierparameter als unzureichend beurteilt werden (Tab. 38).

Tab. 38: Vergärbarkeitsparameter der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Sorte	2005				2006			
	TS	XZ	Pufferkapazität	Z/PK	TS	XZ	Pufferkapazität	Z/PK
	[%]	[% TS]	[g MS/100 g TS]		[%]	[% TS]	[g MS/100 g TS]	
'Limbo'	65,3 ±0,1	5,33 ±0,09	4,21 ±0,11	1,27 ±0,01	66,9 ±0,2	1,64 ±0,02	2,70 ±0,40	0,62 ±0,09
	75,6 ±0,1	5,44 ±0,06	3,97 ±0,16	1,37 ±0,04	77,0 ±0,1	1,62 ±0,01	2,95 ±0,50	0,56 ±0,09
'Lisa'	64,4 ±0,3	5,01 ±0,02	3,97 ±0,07	1,26 ±0,02	67,0 ±0,4	1,91 ±0,01	3,51 ±0,12	0,54 ±0,02
	75,1 ±0,1	4,76 ±0,02	3,64 ±0,22	1,31 ±0,04	76,2 ±0,6	1,63 ±0,01	3,54 ±0,14	0,46 ±0,02
'Borlu'	67,2 ±0,0	2,87 ±0,07	4,49 ±0,16	0,64 ±0,02	65,5 ±0,3	3,61 ±0,01	3,97 ±0,76	0,93 ±0,20
	73,9 ±0,2	4,89 ±0,05	4,48 ±0,13	1,09 ±0,01	75,2 ±0,2	3,61 ±0,04	4,17 ±0,31	0,87 ±0,07
'Bora'	67,1 ±0,1	4,89 ±0,01	4,41 ±0,06	1,11 ±0,01	66,2 ±0,1	3,79 ±0,03	3,24 ±0,01	1,23 ±0,01
	74,6 ±0,1	4,74 ±0,04	4,21 ±0,10	1,13 ±0,02	77,5 ±0,2	3,70 ±0,02	2,73 ±0,08	1,36 ±0,04
'Azuro'	66,1 ±0,1	5,60 ±0,07	4,41 ±0,15	1,27 ±0,04	66,6 ±0,3	3,33 ±0,02	4,74 ±0,25	0,70 ±0,04
	70,8 ±0,0	5,29 ±0,02	4,29 ±0,08	1,23 ±0,01	76,4 ±0,3	3,31 ±0,02	4,41 ±0,43	0,76 ±0,08

'Limbo' (Ackerbohne); 'Lisa' (Erbse); 'Borlu', 'Bora', 'Azuro' (Blaue Lupine); MS: Milchsäure; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker ( $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose), Z/PK: Quotient aus Zucker (XZ) und Pufferkapazität

Die Pufferkapazität der Leguminosenkörner ist in Entsprechung zum alkalischen Aschegehalt und zu den hohen Rohproteingehalten ebenfalls hoch einzustufen. Der für eine ausreichende Milchsäurebildung und sichere Konservierung von WILKINSON (1983) empfohlene Richtwert von mindestens 3 % wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) in der FM wird nicht immer erreicht. Damit ergibt sich ein für die Silierung ungünstiger Z/PK-Quotient von höchstens 1,4.

Durch Melassezugabe (2 % der FM) erhöht sich der Zuckergehalt im Erntegut um ca. 1 % und der Z/PK-Quotient steigt bis auf maximal 1,7. (Tab 39). Für optimale Silierbedingungen sollte allerdings ein Z/PK-Quotient von > 2 erreicht werden (WEISSBACH *et al.* 1974). Nach HIGGINBOTHAM (1998) beinhaltet Zuckerrübenmelasse bei einem Trockensubstanzgehalt von 75 % überwiegend Saccharose (48 %). Dadurch stehen den Milchsäurebakterien mehr Kohlenhydrate zur Milchsäuregärung zur Verfügung. Darüber hinaus konnte durch den Klebeffekt der Melasse eine bessere Verdichtung des Siliergutes erreicht werden.

Tab. 39: Vergärbarkeitskennwerte im Körnerschrot der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner nach Melassezugabe (2 % der Frischmasse; Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Sorte	2005				2006			
	TS	XZ <sub>MEL</sub>	Pufferkapazität	Z/PK	TS	XZ <sub>MEL</sub>	Pufferkapazität	Z/PK
	[%]	[% TS]	[g MS/100 g TS]		[%]	[% TS]	[g MS/100 g TS]	
'Limbo'	65,5 ±0,1	6,37 ±0,09	4,21 ±0,11	1,51 ±0,02	67,1 ±0,2	2,66 ±0,02	2,70 ±0,40	1,00 ±0,14
	75,6 ±0,1	6,47 ±0,06	3,97 ±0,16	1,63 ±0,08	77,0 ±0,1	2,64 ±0,01	2,95 ±0,50	0,91 ±0,14
'Lisa'	64,6 ±0,3	6,03 ±0,02	3,97 ±0,07	1,52 ±0,03	67,2 ±0,4	2,92 ±0,01	3,51 ±0,12	0,83 ±0,03
	75,1 ±0,1	5,79 ±0,02	3,64 ±0,22	1,59 ±0,09	76,2 ±0,6	2,65 ±0,01	3,54 ±0,14	0,75 ±0,03
'Borlu'	67,4 ±0,0	3,89 ±0,07	4,49 ±0,16	0,87 ±0,03	65,9 ±0,3	4,59 ±0,01	3,97 ±0,76	1,19 ±0,25
	73,9 ±0,2	5,91 ±0,04	4,48 ±0,13	1,32 ±0,03	75,2 ±0,2	4,59 ±0,04	4,17 ±0,31	1,11 ±0,09
'Bora'	67,3 ±0,1	5,91 ±0,01	4,41 ±0,06	1,34 ±0,02	66,5 ±0,1	4,95 ±0,03	3,24 ±0,01	1,53 ±0,00
	74,6 ±0,1	5,76 ±0,04	4,21 ±0,10	1,37 ±0,04	77,5 ±0,2	4,69 ±0,01	2,73 ±0,08	1,72 ±0,05
'Azuro'	66,3 ±0,1	6,60 ±0,07	4,41 ±0,15	1,50 ±0,06	66,7 ±0,3	4,31 ±0,01	4,74 ±0,25	0,91 ±0,05
	70,9 ±0,0	6,30 ±0,02	4,29 ±0,08	1,47 ±0,01	76,4 ±0,2	4,29 ±0,02	4,41 ±0,43	0,98 ±0,10

'Limbo' (Ackerbohne); 'Lisa' (Erbse); 'Borlu', 'Bora', 'Azuro' (Blaue Lupine); MS: Milchsäure; TS: Trockensubstanz; XZ<sub>MEL</sub>: Zucker ( $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) + Melasse (MEL: 2 % der Frischmasse; 50,6 % Zucker in der OS; A38), Z/PK: Quotient aus Zucker (XZ<sub>MEL</sub>) und Pufferkapazität

#### 4.2.2.2 *In-vitro*-Untersuchung zur Prüfung der Vergärbarkeit von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit Hilfe des Rostocker Fermentationstestes

##### 4.2.2.2.1 Reife, lagergetrocknete Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten

###### Analyse der pH-Werte

Um Aussagen hinsichtlich der Silierfähigkeit der verschiedenen Leguminosenarten treffen zu können, ist eine Betrachtung der artenspezifischen Unterschiede im pH-Wert-Verlauf notwendig. Für diese Auswertung wurden zunächst die einzelnen Sorten von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen zusammengefasst (Tab. 40 und 41). In den Anhangstabellen A52–A55 sind die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen im Ansatz mit aqua dest. (Stunde 0, 18, 26, 38 und 42) sowie bei den Ansätzen mit erhöhter Osmolalität (9- und 12 %iger KCl-Lösung; Stunde 0, 38, 46 und 70) jeweils mit und ohne Zugabe von Melasse bzw. MSB dargestellt.

###### Extrakt mit aqua dest.

Bei Inkubation in aqua dest. verläuft bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen die Ansäuerung durch den epiphytischen Besatz (Kontrolle) ähnlich (Tab. 40). Eine nennenswerte Säuregradabsenkung setzt relativ früh ein (26 h). Unabhängig vom anfänglichen pH-Wert wird bis Stunde 42 ein End-pH-Wert von 4,2 erreicht. Bei den untersuchten Sorten werden dabei Schwankungen zwischen 3,9–4,4 erzielt (Anhang A52).

Tab. 40: Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagergetrockneten Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte der Sorten je Art)

Art	Variante	n	pH-Wert-Messung zu Stunde:				
			0	18	26	38	42
Ackerbohne	KON	6	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	5,9 <sup>aA</sup> ±0,1	4,9 <sup>A</sup> ±0,2	4,4 <sup>A</sup> ±0,3	4,3 <sup>A</sup> ±0,3
Erbsen		18	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	5,7 <sup>aA</sup> ±0,3	4,8 <sup>A</sup> ±0,2	4,2 <sup>A</sup> ±0,2	4,2 <sup>A</sup> ±0,2
Lupine		48	5,7 <sup>b</sup> ±0,1	5,5 <sup>bA</sup> ±0,3	4,7 <sup>A</sup> ±0,3	4,3 <sup>A</sup> ±0,2	4,2 <sup>A</sup> ±0,2
Ackerbohne	MEL	6	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	5,8 <sup>aA</sup> ±0,1	4,8 <sup>A</sup> ±0,2	4,3 <sup>A</sup> ±0,1	4,2 <sup>A</sup> ±0,1
Erbsen		18	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	5,6 <sup>abA</sup> ±0,3	4,7 <sup>A</sup> ±0,2	4,3 <sup>A</sup> ±0,3	4,2 <sup>A</sup> ±0,3
Lupine		48	5,7 <sup>b</sup> ±0,1	5,5 <sup>ca</sup> ±0,2	4,7 <sup>A</sup> ±0,3	4,2 <sup>A</sup> ±0,2	4,2 <sup>A</sup> ±0,2
Ackerbohne	MSB	6	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	4,6 <sup>abB</sup> ±0,1	4,2 <sup>abB</sup> ±0,1	4,0 <sup>abB</sup> ±0,0	3,9 <sup>abB</sup> ±0,0
Erbsen		18	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	4,6 <sup>abB</sup> ±0,3	4,1 <sup>abB</sup> ±0,1	3,9 <sup>bbB</sup> ±0,1	3,8 <sup>bbB</sup> ±0,1
Lupine		48	5,7 <sup>b</sup> ±0,1	4,3 <sup>bbB</sup> ±0,2	4,0 <sup>bbB</sup> ±0,2	3,8 <sup>cbB</sup> ±0,1	3,8 <sup>cbB</sup> ±0,1
Ackerbohne	MSB+MEL	6	6,3 <sup>a</sup> ±0,1	4,7 <sup>abB</sup> ±0,2	4,1 <sup>abB</sup> ±0,0	3,9 <sup>abB</sup> ±0,0	3,9 <sup>abB</sup> ±0,0
Erbsen		18	6,3 <sup>a</sup> ±0,0	4,7 <sup>abB</sup> ±0,3	4,1 <sup>abB</sup> ±0,2	3,9 <sup>abB</sup> ±0,2	3,9 <sup>abB</sup> ±0,1
Lupine		48	5,7 <sup>b</sup> ±0,1	4,4 <sup>bbB</sup> ±0,3	4,0 <sup>bbB</sup> ±0,2	3,8 <sup>bbB</sup> ±0,1	3,8 <sup>bbB</sup> ±0,1

KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Arten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Körnerart

Da bei Melassezugabe kein zusätzlicher Effekt auf Geschwindigkeit und Umfang der pH-Wert-Absenkung festgestellt werden konnte, ist trotz des analysierten geringen Zuckergehaltes von einem ausreichenden Gehalt an fermentierbaren Kohlenhydraten im Siliergut auszugehen.

Durch Zugabe leistungsfähiger Milchsäurebakterien wird eine früher einsetzende (18 h) und nach 42 Stunden deutlich tiefere Ansäuerung auf pH-Werte unter 4 erzielt (p < 0,05). Der kombinierte Einsatz von MSB und Melasse zeigt keinen zusätzlichen Effekt, so dass bereits die

Beimpfung mit leistungsfähigen Milchsäurebakterien einen befriedigenden Gärverlauf sicherstellen sollte.

#### Wässriger Extrakt mit 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung

Bei dem wässrigen Extrakt mit KCl fällt im Vergleich der anfänglichen pH-Werte die substratunabhängige Diskrepanz zum aqua dest. Ansatz auf. Aufgrund der Elektrolytlösung sind die pH-Werte um durchschnittlich 0,4 Einheiten niedriger (Abb. 2). Daher können die durch KCl-Konzentrationen eingestellten Osmolalitätsstufen aufgrund des Salzeffektes von KCl nicht unmittelbar miteinander verglichen werden.

Anhand der Abbildung 2 wird die mit steigender Osmolalität (KCl-Lösung) verzögerte Ansäuerung bei allen Varianten verdeutlicht. Da für den Silierfolg die zeitig einsetzende und ausreichend tiefe Ansäuerung des Materials mit höherer Gewichtung als die absolut erzielte Acidität zu betrachten ist, wurde die Inkubation nach 70 Stunden abgebrochen.

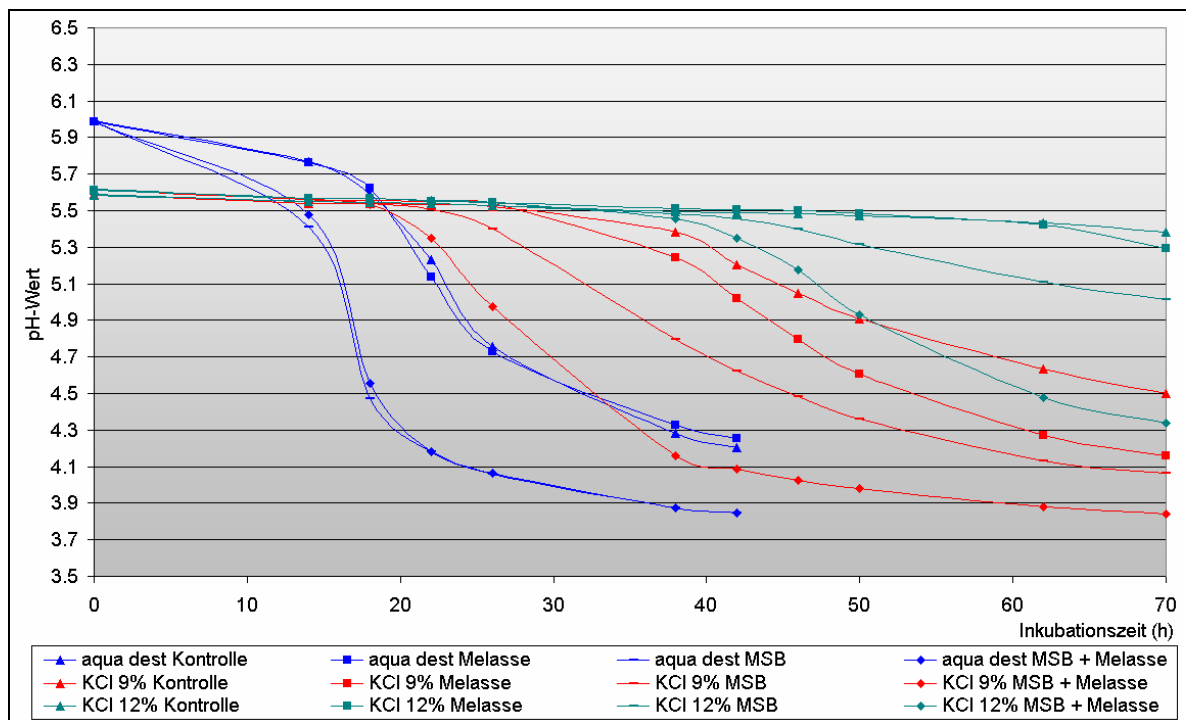


Abb. 2: PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest im Mittel aller geprüften Leguminosenarten und -sorten (reife, lagertrockene Körner) in Abhängigkeit von der Osmolalität (aqua dest., 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung) sowie dem Zusatz von Silierhilfsmitteln (Melasse, 2 % der Frischmasse (FM); Milchsäurebakterien (MSB), *Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866; n = 108)

#### Ackerbohne

Wie aus Tabelle 41 ersichtlich, weisen Ackerbohnen im RFT mit 9 %iger KCl-Lösung ein höheres Ansäuerungsvermögen in der Variante ohne Zusätze (Kontrolle) auf als Erbsen und Lupinen ( $p < 0,05$ ). Aus dem frühen Beginn der Ansäuerung (46 h) sowie dem erreichten End-pH-Wert von unter 4 kann auf einen unter den gegebenen Bedingungen leistungsfähigen und in gewissem Umfang osmotoleranten Besatz an epiphytischen Milchsäurebakterien geschlossen werden. Die untersuchten Ackerbohnen Sorten 'Limbo' und 'Scirocco' sind innerhalb der

Säuerungsdynamik bis auf die Ausnahme, dass bei der Sorte 'Limbo' ein außerhalb der sonst erkennbaren Tendenzen verzögerter pH-Wert-Verlauf durch Melassezugabe auftritt, annähernd vergleichbar (Anhang A52). Dieser kontroverse Hemmeffekt der Melasse tritt sporadisch und verschieden stark ausgeprägt bei weiteren Sorten ('Lisa', 'Bora' im Ansatz mit aqua dest. und 'Borlu' im Ansatz mit 9%iger KCl-Lösung) auf. Allerdings wären zur Interpretation und plausiblen Erklärung der Ursachen weitere Untersuchungen notwendig, um evt. wachstumshemmende Substanzen der Melasse oder Zusätze der Zuckerindustrie, welche sich nachteilig auf das Wachstum von Mikroorganismen auswirken, dafür verantwortlich zu machen. Auch mit zugesetzten Milchsäurebakterien ist die rascheste Ansäuerung (bis Stunde 38) bei Ackerbohnen nachzuweisen ( $p < 0,05$ ). Die Zugabe von Melasse bewirkt keine weitere pH-Wert-Absenkung. Dies ist ein Hinweis auf ausreichende Gehalte an fermentierbaren Kohlenhydraten für die Milchsäurebakterien. Bei Zugabe leistungsfähiger und osmotoleranter MSB wird auch im Ansatz mit 12%iger KCl-Lösung nach 70 Stunden ein End-pH-Wert von 4,1 bzw. 4,2 erreicht.

Tab. 41: Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 9- und 12%iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte der Sorten je Art)

Art/ Variante/ n	Osmolalität	9/ 12 % KCl		9 %ige KCl-Lösung				12 %ige KCl-Lösung				
		pH-Wert-Messung zu Stunde:										
		0	38	46	70	46	70					
Ackerbohne	KON	6	5,8 <sup>a</sup> ±0,1	5,5 <sup>abA</sup> ±0,3	4,5 <sup>CB</sup> ±0,2	3,9 <sup>CA</sup> ±0,0	5,8 <sup>aA</sup> ±0,1	5,6 <sup>aA</sup> ±0,1				
Erbse		18	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	5,6 <sup>aA</sup> ±0,2	5,4 <sup>aA</sup> ±0,3	4,4 <sup>BA</sup> ±0,3	5,7 <sup>aA</sup> ±0,0	5,7 <sup>aA</sup> ±0,1				
Lupine		48	5,3 <sup>b</sup> ±0,1	5,2 <sup>bA</sup> ±0,1	5,2 <sup>bA</sup> ±0,1	4,8 <sup>aA</sup> ±0,3	5,2 <sup>bA</sup> ±0,1	5,2 <sup>bA</sup> ±0,1				
Ackerbohne	MEL	6	5,8 <sup>a</sup> ±0,1	5,7 <sup>aA</sup> ±0,2	5,0 <sup>aA</sup> ±0,6	4,0 <sup>BA</sup> ±0,1	5,8 <sup>aA</sup> ±0,1	5,6 <sup>aA</sup> ±0,1				
Erbse		18	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	5,1 <sup>BB</sup> ±0,5	4,6 <sup>BB</sup> ±0,5	4,0 <sup>BB</sup> ±0,4	5,8 <sup>aA</sup> ±0,0	5,5 <sup>aA</sup> ±0,2				
Lupine		48	5,4 <sup>b</sup> ±0,1	5,2 <sup>BA</sup> ±0,2	4,8 <sup>abB</sup> ±0,4	4,3 <sup>AB</sup> ±0,4	5,3 <sup>bA</sup> ±0,1	5,1 <sup>bA</sup> ±0,2				
Ackerbohne	MSB	6	5,8 <sup>a</sup> ±0,1	4,1 <sup>BB</sup> ±0,0	4,0 <sup>CC</sup> ±0,0	3,9 <sup>CB</sup> ±0,0	5,4 <sup>BB</sup> ±0,2	4,2 <sup>CB</sup> ±0,1				
Erbse		18	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	4,9 <sup>AB</sup> ±0,3	4,5 <sup>BB</sup> ±0,1	4,0 <sup>BB</sup> ±0,1	5,7 <sup>aA</sup> ±0,0	5,6 <sup>aA</sup> ±0,1				
Lupine		48	5,3 <sup>b</sup> ±0,1	5,1 <sup>AB</sup> ±0,2	4,8 <sup>AB</sup> ±0,3	4,2 <sup>AB</sup> ±0,3	5,2 <sup>bA</sup> ±0,1	5,1 <sup>bA</sup> ±0,2				
Ackerbohne	MSB+	6	5,8 <sup>a</sup> ±0,1	4,1 <sup>BB</sup> ±0,0	3,9 <sup>CC</sup> ±0,0	3,8 <sup>BB</sup> ±0,0	5,4 <sup>AB</sup> ±0,2	4,1 <sup>BB</sup> ±0,1				
Erbse	MEL	18	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	4,0 <sup>BC</sup> ±0,1	4,0 <sup>BC</sup> ±0,1	3,8 <sup>BC</sup> ±0,1	5,4 <sup>AB</sup> ±0,3	4,5 <sup>AB</sup> ±0,5				
Lupine		48	5,4 <sup>b</sup> ±0,1	4,4 <sup>AC</sup> ±0,5	4,3 <sup>AC</sup> ±0,5	4,0 <sup>AC</sup> ±0,3	5,0 <sup>BB</sup> ±0,2	4,3 <sup>AB</sup> ±0,2				

KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); <sup>a,b</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Arten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Körnerart

### Erbse

Der native Milchsäurebakterienbesatz der Erbsenkörner im Ansatz der Kontrollvarianten bewirkt bei erhöhter Osmolalität vergleichend zwischen den Leguminosenarten einen langsameren pH-Wert-Abfall als bei Ackerbohnen. Trotz hypoosmotischem Stress (9%ige KCl-Lösung) wurden jedoch tiefere End-pH-Werte als in den verschiedenen Lupinensorten festgestellt (Tab. 41, Anhang A52). Bei Erbsenkörnern kann unter erhöhtem osmotischem Druck nur nach Bereitstellung leicht löslicher Kohlenhydrate das Ansäuerungspotenzial des natürlichen MSB-Besatzes bzw. des Milchsäurebakterienpräparates voll ausgeschöpft werden. Mit der

weitestgehenden Sortenübereinstimmung (Anhang A52) in der Säuerungsdynamik lässt sich auch hier eine relative Osmotoleranz des epiphytischen Milchsäurebesatzes aufzeigen. Eine ausgeprägt und zügige Ansäuerung ist dabei ab Stunde 38 festzustellen. Nach Inkubation von 70 Stunden wird ein durchschnittlicher End-pH-Wert von 4,0 erzielt. Durch den kombinierten Einsatz von Milchsäurebakterien und Melasse lässt sich hinsichtlich der zügigen und endgültigen Ansäuerung der positive Impfeffekt gegenüber der Leistung des epiphytischen MSB-Besatzes verdeutlichen. Bei Inkubation in 12 %iger KCl-Lösung wird nach 70 Stunden nur in der Variante mit kombiniertem Einsatz von Milchsäurebakterien und Melasse eine nennenswerte pH-Wert-Absenkung erreicht (pH 4,5).

### *Lupine*

Der epiphytische Besatz von Lupinenkörnern zeigt im Sortenvergleich anhand der End-pH-Werte von 4,4–5,2 beim Ansatz in 9 %iger KCl-Lösung eine differenzierte Osmotoleranz (Anhang A52). Der Effekt von Melasse gegenüber den Referenzvarianten zeichnet sich zwischen den Sorten zeitlich verschieden und unterschiedlich stark ab. So kann bei früher Förderung (ca. 38 Stunden Inkubation) des epiphytischen MSB-Besatzes der Sorten 'Sonet', 'Boltensia', 'Boruta', 'Bordako', 'Bardo' und 'Rubine' mit End-pH-Werten von maximal 4,1 ein sehr positiver Melasseeffekt verzeichnet werden. Auch bei den Sorten 'Bornal', 'Borsaja', 'Weibit', 'Rubesta' und 'Amiga' spiegelt sich die positive Wirkung von ausreichend Gärsubstrat im endgültigen pH-Wert wider. Wohingegen bei den für weitere Gärversuche ausgewählten blauen Lupinensorten 'Bora', 'Borlu' und 'Azuro' aber auch 'Borweta' keine besonders ausgeprägte Förderung durch Melasse im pH-Wert-Verlauf erkenntlich ist.

Bei Zugabe von Milchsäurebakterien wird nach 70 Stunden ein ausreichend tiefer pH-Wert im Lupinenextrakt von durchschnittlich 4,2 erzielt (Tab. 41). In Abhängigkeit vom jeweiligen Gärsubstrat schwanken die End-pH-Werte allerdings im Sortenvergleich zwischen 3,8–4,7 (Anhang A52). Unter simuliert erhöhter TS kommt vor allem mit Melasse bei den meisten Sorten bezüglich zeitlicher und absoluter pH-Wert-Absenkung der Vorteil von inokulierten MSB gegenüber den nativen MSB stärker zum Ausdruck.

Beim Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung wird durch den epiphytischen Besatz keine pH-Wert-Änderung erzielt. Auch die alleinige Zugabe von MSB bewirkt bis auf die geringe Säuregradabsenkung der Sorte 'Bardo' keine milchsaure Fermentierung. Erst die kombinierte Inokulation von MSB und Melasse führt im Extrakt aus Lupinenschrot zu einer vergleichsweise frühen (46 h) pH-Wert-Absenkung von unter 5. Die Sortenunterschiede bei Lupinen müssen bei weitestgehender Vereinheitlichung der Testbedingungen, wie sie bei der kombinierten Zugabe von Melasse und MSB-Starterkulturen gegeben sind, aber auch hier festgehalten werden.

### **Analytik der Gärprodukte sowie Bestimmung des Verlaufes der Osmolalität in den Filtraten des Rostocker Fermentationstestes**

Um Art und Umfang der Fermentation detaillierter beschreiben zu können, ist neben dem pH-Wert-Verlauf die Analyse der Gärprodukte (Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Alkohole etc.) in den Filtraten des RFT notwendig. Dies ermöglicht ferner die nähere Charakterisierung des Stoffwechselleistungspotenzials des epiphytischen Besatzes und die Beurteilung der verwendeten Silierzusätze. Diese Analysen wurden für die Proben der Leguminosensorten durchgeführt, welche für die Bereitung von Modellsilagen aus feucht geernteten Körnern ausgewählt worden sind. Dabei wurden nur die Filtrate der Varianten „ohne Zusätze“ (Kontrolle) und „Zusatz von Milchsäurebakterien“ herangezogen, da aufgrund der Ergebnisse im pH-Wert-Verlauf von ausreichenden Gehalten an fermentierbarem Substrat im Gärsubstrat auszugehen war und keine zusätzlichen Informationen aus dem Fermentationsmuster der Melassevarianten zu erwarten waren. Die Ergebnisse sind im Anhang A53–A55 zusammengestellt.

#### Extrakt mit aqua dest.

Im Ansatz mit aqua dest. zeigen alle untersuchten Leguminosen auch in der Kontrollvariante eine rasche und umfangreiche Ansäuerung (Anhang A53). Die nach 42 Stunden Inkubation erreichte Acidität wird über die ausreichenden Milchsäuregehalte in den Filtraten bestätigt (4,8–7,3 % der TS). Propion- und Buttersäure sind nicht oder nur in geringen Mengen vorhanden. Die Essigsäuregehalte schwanken mit 0,4–1,0 % der TS im akzeptablen Bereich. Im Vergleich der Leguminosenarten wurden im Filtrat aus Erbsenschrot ('Lisa') Alkoholgehalte von maximal 1,3 % der TS ermittelt. Dies weist auf eine verlustreichere heterofermentative Fermentation hin, was durch die Beobachtung verstärkter Gasbildung in den Proben bestätigt wird.

Im Gegensatz dazu führt der Einsatz des Milchsäurebakterienpräparates im Vergleich zur Kontrolle zu einer signifikant ( $p < 0,05$ ) rascheren pH-Wert-Absenkung, zu erhöhten Gehalten an Milchsäure und einer Reduzierung der Bildung unerwünschter Gärprodukte.

#### Wässriger Extrakt mit 9 %iger KCl-Lösung

Die Erhöhung der Osmolalität bedingt eine erhebliche Verringerung der Stoffwechselaktivität zu Beginn der Inkubation (Anhang A54). Eine Ausnahme ist die Ackerbohne 'Limbo', die im Vergleich zu den anderen Leguminosen im RFT eine relativ frühe und sehr umfangreiche pH-Wert-Absenkung auf unter 4,0 aufweist und durch eine ausgeprägte Milchsäurebildung (11 % der TS) gekennzeichnet ist. Der epiphytische Besatz der übrigen Leguminosen erreicht am Ende der Inkubation pH-Werte zwischen 4,5–4,9 bei Milchsäuregehalten von maximal 3 % der TS.

Der Zusatz von Milchsäurebakterien hat einen positiven Einfluss auf Geschwindigkeit und Umfang der Ansäuerung und steigert die Milchsäuregehalte in den Filtraten signifikant.

### Wässriger Extrakt mit 12 %iger KCl-Lösung

Durch die in der 12 %igen KCl-Lösung vorliegende Osmolalität wird die Fermentation durch die natürliche Mikroflora nahezu vollständig unterbunden (Anhang A55). Weder Milchsäure noch unerwünschte Gärprodukte werden in den Varianten ohne Zusätze in nennenswerten Mengen gebildet. Von den inokulierten osmotoleranten MSB kann nur im RFT mit Ackerbohnen ausreichend Milchsäure gebildet werden (durchschnittlich 8 % der TS), woraus am Ende der Inkubation ein pH-Wert von 4,3 resultiert. Bei den übrigen Leguminosensorten zeigt der MSB-Zusatz ohne entsprechende Gärsubstratzugabe keinen Effekt. Nebengärungsprodukte sind bei Zusatz der MSB ebenfalls nicht oder nur in geringen Mengen nachweisbar.

#### **4.2.2.2 pH-Wert-Verlauf und Gärsäurespektrum im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohen Restfeuchtegehalten**

Die potentielle Vergärbarkeit der feucht geernteten Körner wurde im Rostocker Fermentationstest geprüft, um eine Vergleichbarkeit der Aussagen aus dem RFT mit lagertrockenen Körnerschrot und den Versuchen mit Beutelsilagen zu verifizieren.

Ungeachtet der anhand der chemischen Analyse von Vergärbarkeitsparametern festgestellten ungünstigen Siliereignung von Leguminosenkörnern, konnte im Rostocker Fermentationstest auch für das Erntegut eine ausreichende Ansäuerung nachgewiesen werden. Somit lassen sich auch die Ergebnisse der Untersuchungen an lagertrockenen Körnern hinsichtlich der vorhandenen Silierfähigkeit von Leguminosenkörnern bestätigen.

Die Ergebnisse im RFT mit frisch geernteten Leguminosenkörnern zeigen im Vergleich zum vorangestellten Versuch mit lagertrockenem Körnerschrot eine schnelle und umfangreiche Ansäuerung durch Milchsäurebildung. Vor allem scheint der epiphytische MSB-Besatz sehr osmotolerant zu sein. Auch in Proben mit zugesetzten MSB werden positive Effekte hinsichtlich der Ansäuerung und Milchsäurebildung erzielt. Im Vergleich der Versuchsreihen RFT mit Leguminosenkörnern sollte die Verarbeitung der Körner (reif, lagertrocken oder feucht geerntet) sowie die nicht einheitliche mikrobiologische Kontamination des Ausgangsmaterials Berücksichtigung finden.

Da sich die TS-Unterschiede des Erntegutes von 65 % bzw. 75 % im für den RFT hergestellten wässrigen Extrakt (50 g Schrot und 200 ml aqua dest.) weitestgehend aufheben und im Vergleich der pH-Wert-Verläufe bzw. des endgültig festgestellten Gärproduktspektrums keine spezifische Aussage zum TS-Einfluss des Ausgangsmaterials getroffen werden kann, werden beide Ansätze zusammen ausgewertet. Einzelne Ergebnisse sind im Anhang A56–A67 aufgeführt. Die



Differenz zwischen den Ansätzen verschiedener Ernten (2005/ 06) ist mit den jahreszeitlichen Schwankungen in Besatzdichte und Artenzusammensetzung der epiphytischen Milchsäurebakterien, der jeweiligen mikrobiellen Begleitflora sowie der mikrobiellen Konkurrenzfähigkeit zu erklären.

#### Extrakt mit aqua dest.

Im Ansatz mit aqua dest. ist die schnelle, sichere und ausreichend tiefe Ansäuerung der mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Leguminosenkörner mit und ohne Silierzusatz gegeben. Der Fermentationsverlauf der jeweiligen Varianten ist zwischen den Arten und Sorten ähnlich (Tab. 42, Anhang A56–A59). Im Vergleich der pH-Wert-Änderung durch Milchsäurebildung des epiphytischen Mikrobenbesatzes kann unabhängig vom anfänglich höheren pH-Wert bei Ackerbohnen und Erbsen innerhalb von 26 Stunden im Extrakt eine ausgeprägte Acidität festgehalten werden. Eine Förderung der Stoffwechsellistung durch Melassezugabe konnte anhand der pH-Werte und endgültigen Gärparametern nicht verzeichnet werden. Bei den zum Versuchsende analysierten Gärprodukten im Extraktfiltrat sind unerwünschte Buttersäure oder Propionsäure maximal in Spuren vorhanden bzw. nicht nachweisbar. Essigsäure kommt in Lupinenfiltraten bis zu 1,1 % der TS vor. Die ausgeprägte Milchsäurebildung konnte aufgrund der niedrigen pH-Werte erwartet werden.

Tab. 42: Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte der Sorten, Versuche 2005 und 2006)

Art	Variante	n	pH-Wert-Messung zu Stunde:									
			0		18		26		38		42	
Ackerbohne	KON	12	6,5 <sup>a</sup>	±0,1	4,6 <sup>A</sup>	±0,1	4,4 <sup>aA</sup>	±0,1	4,3 <sup>aA</sup>	±0,2	4,2 <sup>aA</sup>	±0,2
		12	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,7 <sup>AB</sup>	±0,2	4,4 <sup>abA</sup>	±0,1	4,2 <sup>abA</sup>	±0,1	4,1 <sup>bA</sup>	±0,1
		36	6,0 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>A</sup>	±0,3	4,4 <sup>bA</sup>	±0,1	4,1 <sup>bA</sup>	±0,1	4,1 <sup>bA</sup>	±0,1
Ackerbohne	MEL	12	6,5 <sup>a</sup>	±0,1	4,4 <sup>bAB</sup>	±0,1	4,3 <sup>bB</sup>	±0,1	4,1 <sup>B</sup>	±0,1	4,1 <sup>B</sup>	±0,1
		12	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,7 <sup>aA</sup>	±0,2	4,4 <sup>aA</sup>	±0,1	4,1 <sup>A</sup>	±0,1	4,1 <sup>B</sup>	±0,1
		36	6,0 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>aA</sup>	±0,3	4,3 <sup>bA</sup>	±0,1	4,1 <sup>A</sup>	±0,1	4,1 <sup>A</sup>	±0,1
Ackerbohne	MSB	12	6,5 <sup>a</sup>	±0,1	4,5 <sup>B</sup>	±0,2	4,3 <sup>ab</sup>	±0,2	4,0 <sup>ab</sup>	±0,1	4,0 <sup>ac</sup>	±0,1
		12	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,5 <sup>C</sup>	±0,2	4,1 <sup>bB</sup>	±0,1	3,9 <sup>bB</sup>	±0,0	3,9 <sup>bC</sup>	±0,0
		36	6,0 <sup>b</sup>	±0,1	4,4 <sup>B</sup>	±0,2	4,0 <sup>cB</sup>	±0,1	3,8 <sup>cB</sup>	±0,1	3,8 <sup>cB</sup>	±0,1
Ackerbohne	MSB+MEL	12	6,5 <sup>a</sup>	±0,1	4,4 <sup>bC</sup>	±0,1	4,2 <sup>ac</sup>	±0,1	3,9 <sup>ac</sup>	±0,1	3,9 <sup>bC</sup>	±0,1
		12	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,5 <sup>aC</sup>	±0,2	4,1 <sup>ab</sup>	±0,1	3,9 <sup>ab</sup>	±0,0	3,9 <sup>aC</sup>	±0,0
		36	6,0 <sup>b</sup>	±0,1	4,4 <sup>abB</sup>	±0,2	4,0 <sup>bb</sup>	±0,1	3,8 <sup>bb</sup>	±0,1	3,8 <sup>cB</sup>	±0,1

KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866); <sup>a,b</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Arten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Körnerart

Die Beimpfung mit leistungsfähigen Milchsäurebakterien beschleunigt die Ansäuerung und führt nach 42 Stunden Inkubation zu pH-Werten unter 4 (Tab. 42, Anhang A56–A59). Durch die zugesetzten MSB wurde ähnlich den lagertrockenen Proben vor allem im Ansatz mit Erbsen- und Lupinenschrot eine weitere Steigerung der Milchsäurebildung erzielt (Anhang A56–A59). Die jeweilige Zugabe von Melasse führte zu keiner wesentlich erhöhten Milchsäurebildung, was

die Annahme eines ausreichenden Gehaltes an fermentierbaren Kohlenhydraten bestärkt. Die Bildung von Essigsäure und Alkohol wird durch die zugegebenen MSB zumeist verringert.

#### Wässriger Extrakt mit 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung

Bei Erhöhung des osmotischen Potenzials durch 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung wird anhand der pH-Wert-Verläufe eine klare Depression sämtlicher Stoffwechselaktivität der nativen und zugesetzten MSB deutlich (Tab. 43, Anhang A60–A67). In Abhängigkeit der relativen Osmotoleranz der an den verschiedenen Leguminosenkörnern anhaftenden nativen MSB sind größere Unterschiede hinsichtlich Geschwindigkeit und Umfang der Ansäuerung zwischen den Leguminosenarten festzustellen. Die durch Milchsäure bedingte Acidität kann damit vor allem bei durch 12 %iger KCl-Lösung simuliert erhöhter Trockensubstanz nur sortenabhängig als ausreichend bezeichnet werden. Nach einer längeren Adaptationsphase an die hohe Osmolalität kann so vor allem dem natürlichen Milchsäurebakterienbesatz der Ackerbohnen die schon im Ansatz aus lagertrockenen Körnern aufgezeigte hohe Osmotoleranz und eine trotz des geringen Zuckeranteils effektive Ausnutzung der vorhandenen fermentierbaren Kohlenhydrate (kein nennenswerter Zusatzeffekt durch Melasseinsatz) zugesprochen werden, wodurch dieser eine umfangreiche milchsäure pH-Wert-Senkung bewirkt ( $< 4,6$ ; Anhang A60–A67).

Tab. 43: Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) im Ansatz mit 9- und 12 %iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte der Sorten; Versuche 2005 und 2006)

Osmolalität		9/ 12 % KCl		9 %ige KCl-Lösung				12 %ige KCl-Lösung						
Art/ Variante/ n		pH-Wert-Messung zu Stunde:												
		0		38		46		70		46		70		
Ackerbohne	KON	12	6,0 <sup>a</sup> ±0,1	4,4 <sup>bA</sup> ±0,2	4,0 <sup>bB</sup> ±0,1	3,8 <sup>bA</sup> ±0,1	5,2 <sup>abA</sup> ±0,4	4,1 <sup>bB</sup> ±0,3						
Erbse		12	6,0 <sup>a</sup> ±0,0	4,8 <sup>aA</sup> ±0,1	4,6 <sup>aA</sup> ±0,1	4,2 <sup>aA</sup> ±0,2	5,2 <sup>aA</sup> ±0,2	4,8 <sup>aA</sup> ±0,3						
Lupine		36	5,5 <sup>b</sup> ±0,1	4,9 <sup>aA</sup> ±0,3	4,7 <sup>aA</sup> ±0,3	4,1 <sup>aA</sup> ±0,3	5,0 <sup>bA</sup> ±0,2	4,6 <sup>aA</sup> ±0,2						
Ackerbohne	MEL	12	6,1 <sup>a</sup> ±0,1	4,5 <sup>A</sup> ±0,4	4,2 <sup>A</sup> ±0,4	3,7 <sup>A</sup> ±0,1	5,1 <sup>A</sup> ±0,4	4,4 <sup>A</sup> ±0,4						
Erbse		12	6,1 <sup>a</sup> ±0,0	4,5 <sup>C</sup> ±0,0	4,2 <sup>B</sup> ±0,2	3,7 <sup>B</sup> ±0,1	4,8 <sup>B</sup> ±0,1	4,4 <sup>B</sup> ±0,3						
Lupine		36	5,5 <sup>b</sup> ±0,1	4,5 <sup>C</sup> ±0,3	4,2 <sup>B</sup> ±0,2	3,8 <sup>B</sup> ±0,1	4,9 <sup>A</sup> ±0,3	4,2 <sup>B</sup> ±0,2						
Ackerbohne	MSB	12	6,0 <sup>a</sup> ±0,1	3,9 <sup>bB</sup> ±0,0	3,7 <sup>bC</sup> ±0,1	3,7 <sup>bA</sup> ±0,1	4,8 <sup>bAB</sup> ±0,6	3,9 <sup>bBC</sup> ±0,2						
Erbse		12	6,0 <sup>a</sup> ±0,0	4,6 <sup>aB</sup> ±0,2	4,3 <sup>aB</sup> ±0,3	3,8 <sup>aB</sup> ±0,1	5,2 <sup>aA</sup> ±0,2	4,7 <sup>aA</sup> ±0,3						
Lupine		36	5,5 <sup>b</sup> ±0,1	4,7 <sup>aB</sup> ±0,3	4,3 <sup>aB</sup> ±0,3	3,8 <sup>aB</sup> ±0,1	5,0 <sup>bA</sup> ±0,2	4,6 <sup>aA</sup> ±0,3						
Ackerbohne	MSB	12	6,1 <sup>a</sup> ±0,1	3,8 <sup>bB</sup> ±0,1	3,7 <sup>bC</sup> ±0,1	3,6 <sup>B</sup> ±0,0	4,7 <sup>aB</sup> ±0,4	3,8 <sup>C</sup> ±0,1						
Erbse	+MEL	12	6,1 <sup>a</sup> ±0,0	3,9 <sup>bD</sup> ±0,1	3,7 <sup>bC</sup> ±0,1	3,6 <sup>C</sup> ±0,1	4,5 <sup>abC</sup> ±0,4	3,8 <sup>C</sup> ±0,1						
Lupine		36	5,5 <sup>b</sup> ±0,1	4,0 <sup>aD</sup> ±0,3	3,8 <sup>aC</sup> ±0,2	3,6 <sup>C</sup> ±0,1	4,3 <sup>bB</sup> ±0,2	3,8 <sup>C</sup> ±0,1						

KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866); <sup>ab</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Arten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Körnerart

Ohne zusätzliches Gärsubstrat (Melasse) wird hingegen durch den nativen Milchsäurebakterienbesatz im wässrigen Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung mit Erbsen- und Lupinenschrot nicht der Mindestgehalt von 2 % Milchsäure in der OS erzielt (Anhang A64–A67). Bei hohen Osmolalitäten sind nach einer längeren Adaptationsphase vor allem die zugesetzten osmotoleranten und leistungsfähigen MSB bei sichergestellter Nährstoffverfügbarkeit (Melasse) zur Vermehrung und Stoffwechselaktivität befähigt, so dass

durch die Inokulation die Ansäuerung in jedem Fall beschleunigt wird bzw. eine endgültige Acidität von pH-Werten deutlich unter 4 durch ausgeprägte Milchsäurebildung sichergestellt werden kann ( $p < 0,05$ ).

Der Vorteil von inokulierten gegenüber den nativen MSB kommt bei ausreichendem Gärsubstrat und erhöhter Osmolalität stärker zum Ausdruck und spiegelt sich vor allem im Extrakt von Erbsen- und Lupinenschrot in einer deutlich erhöhten Milchsäurebildung und auch geringeren Essigsäure- und Alkoholgehalten wider (Anhang A60–A67). Durch die Melassezugabe werden vor allem bei Erbsen- und Lupinenkörnern sowohl der natürliche Milchsäurebakterienbesatz als auch die MSB des Impfpräparates deutlich in der Stoffwechselaktivität gefördert.

### **4.2.2.3 Auswertung der Modellsilagen zum Screening kommerziell verfügbarer Milchsäurebakterienpräparate mit unterschiedlichen Arten und Stämmen (Silierung reifer, lagertrockener Leguminosenkörner)**

Alle im Rahmen des MSB-Screenings angelegten Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot waren organoleptisch als sehr gut einzuschätzen. Der TS-Gehalt der Silagen lag zwischen 62 % und 66 %. Diese Unterschiede sind mit dem Herstellungsprozess der Silagen vor dem Einschweißen zu erklären und für die zu treffenden Aussagen unerheblich. In Tabelle 44 sind die Gärparameter aller Modellsilagen aufgeführt. Die Silierfähigkeit war für Körner aller Leguminosenarten auch ohne Zugabe von Silierhilfsmitteln gegeben und fand ihren Ausdruck in gegenüber den hohen TS-Gehalten ausreichend geringen pH-Werten von 4,3 bis maximal 4,7.

Die Gehalte an Milchsäure lagen in den Silagen (Kontrolle) aus Erbsen ('Lisa'), Ackerbohnen ('Limbo') und Blauen Süßlupinen ('Bora') zwischen 3,9–4,7 % der TS. Mit 2,7 % der TS wies die Silage aus Blauen Bitterlupinen ('Azuro') den geringsten Milchsäuregehalt auf, der jedoch durch den Einsatz von Melasse gesteigert werden konnte. Weder in der Kontrolle noch in den Varianten wurden Buttersäure oder Propionsäure festgestellt. Die Essigsäuregehalte waren gering.

Der Umstand, dass durch Melassezugabe die Milchsäurebildung z. T. weiter gesteigert werden kann ('Azuro', 'Lisa') sowie die Ergebnisse des Einsatzes der Milchsäurebakterienpräparate zeigen deutlich die begrenzte Fähigkeit des epiphytischen Besatzes, die im Pflanzenmaterial vorhandenen und potentiell fermentierbaren Kohlenhydrate vollständig zu nutzen und unter den gegebenen Bedingungen (hoher TS-Gehalt) eine umfassendere Ansäuerung herbeizuführen.

Durch die Beimpfung mit osmotoleranten, leistungsfähigen Milchsäurebakterien hingegen ist im Vergleich zu den unbehandelten Silagen bzw. zu den Silagen mit Melassezusatz eine wesentliche Förderung und erhöhte Sicherheit des Gärprozesses zu erkennen (Abb. 3).

Tab. 44: Einfluss der geprüften Milchsäurebakterienpräparate auf die Gärparameter in Modellsilagen aus reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten (Körnerschrot, rückbefeuchtet mit aqua dest. auf ca. 65 % TS; 34 Tage Lagerung; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		Gärverlust		pH-Wert	Milchsäure		Essigsäure		PS u. BS		Alkohol		
		[%]	±	[% EW]	±		±	±	±	[% TS]	±	±	±	±	
Acker- bohne 'Limbo'	ASM	65,3	±0,4	-		6,3 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.	
	KON	64,8	±0,1	0,8 <sup>b</sup>	±0,1	4,3 <sup>c</sup>	±0,1	4,5 <sup>b</sup>	±0,2	0,3	±0,0	0,0	±0,0	0,6 <sup>a</sup>	±0,1
	MEL	65,3	±0,0	0,9 <sup>a</sup>	±0,1	4,5 <sup>b</sup>	±0,1	3,4 <sup>c</sup>	±0,5	0,2	±0,2	0,0	±0,0	0,5 <sup>ab</sup>	±0,5
	MSB1	65,5	±0,0	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	4,8 <sup>ab</sup>	±0,1	0,3	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,0
	MSB2	66,4	±0,1	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,1 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,0
	MSB3	65,3	±0,1	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	0,3	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,0
	MSB1+MEL	65,5	±0,1	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,0	0,3	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>ab</sup>	±0,0
	MSB2+MEL	64,9	±0,2	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,0	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,0
MSB3+MEL	65,1	±0,0	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,1 <sup>ab</sup>	±0,0	0,2	±0,2	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,1	
Erbse 'Lisa'	ASM	63,2	±0,6	-		6,3 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.	
	KON	61,9	±0,6	1,7 <sup>a</sup>	±0,2	4,4 <sup>b</sup>	±0,2	3,9 <sup>b</sup>	±0,7	0,3	±0,1	0,0	±0,0	1,8 <sup>a</sup>	±0,2
	MEL	62,2	±0,5	1,7 <sup>a</sup>	±0,0	4,3 <sup>bc</sup>	±0,0	4,4 <sup>b</sup>	±0,5	0,3	±0,1	0,0	±0,0	1,8 <sup>a</sup>	±0,2
	MSB1	62,5	±0,1	0,9 <sup>bc</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>a</sup>	±0,1	0,5	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB2	63,6	±0,1	1,0 <sup>b</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,2	0,5	±0,1	0,0	±0,0	0,7 <sup>b</sup>	±0,1
	MSB3	62,1	±0,1	0,9 <sup>bc</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,5	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB1+MEL	62,6	±0,2	0,8 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,5	±0,0	0,0	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,1
	MSB2+MEL	61,9	±0,9	0,9 <sup>bc</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,1 <sup>a</sup>	±0,2	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,6 <sup>b</sup>	±0,0
MSB3+MEL	62,5	±0,2	0,8 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,1	0,5	±0,0	0,0	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	
Blaue Süß- lupine 'Bora'	ASM	65,0	±0,2	-		5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.	
	KON	62,0	±0,1	0,6 <sup>a</sup>	±0,1	4,3 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>b</sup>	±0,7	0,5 <sup>d</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,1
	MEL	61,7	±0,3	0,6 <sup>a</sup>	±0,1	4,3 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>b</sup>	±0,6	0,4 <sup>d</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,1
	MSB1	62,2	±0,1	0,4 <sup>ab</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,7 <sup>bc</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB2	62,9	±0,1	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>ab</sup>	±0,0	0,5 <sup>cd</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB3	62,0	±0,1	0,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,2 <sup>bc</sup>	±0,0	5,6 <sup>a</sup>	±0,3	0,8 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB1+MEL	63,4	±0,3	0,4 <sup>ab</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,6 <sup>bc</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0
	MSB2+MEL	63,8	±0,4	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>ab</sup>	±0,1	0,5 <sup>cd</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0
MSB3+MEL	63,1	±0,3	0,5 <sup>a</sup>	±0,0	4,2 <sup>bc</sup>	±0,0	5,7 <sup>a</sup>	±0,1	0,7 <sup>ab</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	
Blaue Bitter- lupine 'Azuro'	ASM	65,0	±0,4	-		5,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.	
	KON	63,0	±0,5	1,0 <sup>a</sup>	±0,2	4,7 <sup>b</sup>	±0,2	2,7 <sup>f</sup>	±0,2	0,4	±0,0	0,0	±0,0	1,3 <sup>a</sup>	±0,4
	MEL	64,0	±0,5	0,7 <sup>b</sup>	±0,1	4,5 <sup>c</sup>	±0,0	3,3 <sup>e</sup>	±0,3	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,8 <sup>b</sup>	±0,2
	MSB1	63,8	±0,0	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,3 <sup>bcd</sup>	±0,0	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>c</sup>	±0,0
	MSB2	64,6	±0,3	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,2 <sup>cd</sup>	±0,1	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0
	MSB3	63,5	±0,5	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,8 <sup>a</sup>	±0,1	0,5	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0
	MSB1+MEL	64,5	±0,1	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,5 <sup>abc</sup>	±0,1	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0
	MSB2+MEL	65,9	±0,6	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,0 <sup>d</sup>	±0,0	0,4	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>c</sup>	±0,0
MSB3+MEL	64,2	±0,3	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,6 <sup>ab</sup>	±0,1	0,3	±0,3	0,0	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,1	

ASM: Ausgangsmaterial; Alkohol: Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol; EW: Einwaage; BS: Buttersäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB1–3: Zusatz Milchsäurebakterien (MSB1: *Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM; MSB2: *Lb. plantarum*, 1\*10<sup>5</sup> KBE/g FM; MSB3: *Lb. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM); n. a.: nicht analysiert; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch einer Sorte

So können auch in Silagen aus Bitterlupinenschrot ('Azuro') pH-Werte bis 4,0 und Milchsäuregehalte bis 5,8 % der TS erreicht werden. Der Gärverlust aller mit MSB inokulierten Silagen ist deutlich verringert und bei einer z. T. signifikant höheren Milchsäurebildung ist eine tiefere pH-Wert-Absenkung zu verzeichnen. Weiterhin ist durch den Einsatz der Milchsäurebakterienpräparate eine deutlich reduzierte Alkoholbildung festzustellen. Des Weiteren hat der Einsatz von Melasse keinen signifikanten Einfluss auf die Fermentationsleistung der MSB. Da für die geprüften drei Milchsäurebakterienpräparate keine Unterschiede im Ansäuerungsvermögen nachgewiesen werden konnten, wurde für die Bereitung von Modellsilagen aus erntefrischen Körnern das MSB-Präparat 1 ausgewählt, welches bereits in

früheren Silierversuchen mit einer Vielzahl von Pflanzenarten als leistungsfähig und osmotolerant herausgestellt werden konnte.

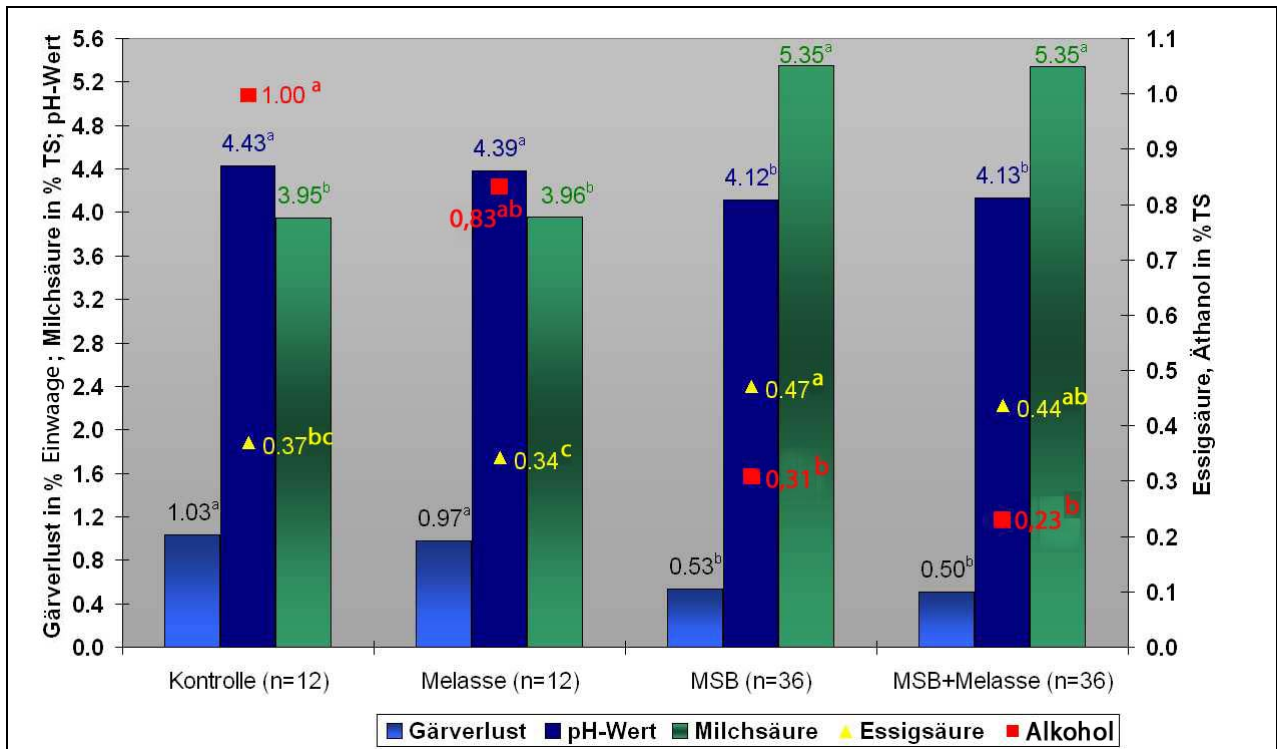


Abb. 3: Gärparameter der Modellsilagen mit verschiedenen Silierzusätzen unabhängig von der Leguminosenart und Sorte (reife, lagertrockene Körner – Schrot, rückbefeuchtet mit aqua dest. auf 65 % TS; gemittelte Werte); (Alkohol: Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol; EW: Einwaage; Melasse: 2 % der Frischmasse (FM); MSB: Milchsäurebakterien (verschiedene Präparate, Tab. 21))

#### 4.2.2.4 Auswertung der Modellsilagen aus mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten zur Bestimmung des für Milchsäuregärung und enzymatische Umsetzungen notwendigen Wassers

Eine erfolgreiche Silierung ist neben Faktoren wie Pufferkapazität, Gehalt an wasserlöslichen und von Milchsäurebakterien nutzbaren Kohlenhydraten, der Leistungsfähigkeit des epiphytischen Besatzes bzw. der zugegebenen Milchsäurebakterien etc., von dem im Pflanzenmaterial verfügbaren Wasser abhängig. Zur Ermittlung des für die Milchsäuregärung und die enzymatischen Umsetzungen notwendigen Restwassers, wurden Modellsilagen aus Körnerschrot von Ackerbohne, Erbse und Lupinen – geerntet mit verschiedenen Trockensubstanzen (ca. 65 % und 75 %) – hergestellt. Trotz der Heterogenität des Erntematerials (2005 und 2006) konnten die angestrebten TS-Gehalte von 65 % bzw. 75 % mit Schwankungen von 63–67 % bzw. 71–77 % in den Modellsilagen erfolgreich eingestellt werden.

#### Gärparameter der Silierung mit 35 % Kornfeuchte

Alle Modellsilagen waren zu allen Öffnungstagen und in allen Varianten organoleptisch als einwandfrei zu beurteilen. In den Anhangstabellen A68–A74 sind die Gärparameter der Modellsilagen (ca. 65 % TS) zusammengefasst. In Bezug zur Einwaage ist der berechnete

Verlust von maximal 2 % der Einwaage als niedrig einzuschätzen. Dies bestätigt die verderbfreie und somit verlustarme Lagerung bei Unterbindung sekundärer Fermentationsabläufe und verstärktem Respirationsverlust. Bei Zugabe von Milchsäurebakterien ist hingegen aufgrund der zügigen Ansäuerung und des früh erreichten Konservierungsstatus' der Gärverlust reduziert und bei Auslagerung am Ende der Versuchsreihe von 90 Tagen in Silagen mit 65 % TS zumeist signifikant niedriger ( $p < 0,05$ ).

Anhand der Abbildung 4 und den Gärergebnissen im Anhang (A68–A74) wird die aufgrund des hohen TS-Gehaltes erwartungsgemäß nur langsam erfolgende Ansäuerung deutlich. Insbesondere in den Varianten ohne Zusatz (Kontrolle) und mit Melassezusatz liegt der pH-Wert nach **5 Tagen** Lagerung mit einer Ausnahme (Ackerbohne 'Limbo') weit über 5,0 bei nicht vorhandenen bzw. nur marginalen Milchsäuregehalten (Ackerbohne: 1,7–2,3 %; Erbse: 1,1–1,4 %; Lupine: 0,0–0,2 % MS der TS; Anhang A68–A74).

Die Ansäuerung in Silagen mit ca. 65 % TS visualisiert vorrangig das unterschiedliche Milchsäurebildungspotenzial der im Silagematerial natürlich vorkommenden und zugesetzten Milchsäurebakterien (Abb. 4c, d).

Anhand der Ergebnisse einzelner Leguminosenarten scheint der natürliche MSB-Besatz bei Ackerbohnen ('Limbo') unter den gegebenen TS-Verhältnissen osmotolerant und leistungsfähig zu sein, so dass nach **15 Tagen** Inkubation auch ohne Melassezusatz bei pH-Werten  $\leq 4,7$  auch Milchsäuregehalte von  $\geq 3,2$  % der TS festgestellt wurden. Demgegenüber erzielt der epiphytische MSB-Besatz bei Erbsen nur 2,4–3,0 % und bei Lupinen 0,1–1,7 % MS der TS, was eine weniger ausgeprägte pH-Wert-Absenkung auf 4,6–5,4 (Erbse) bzw.  $> 5$  (Lupine) zur Folge hat (Anhang A68–A74).

Die Silierfähigkeit von Körnern der Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen wird durch den Einsatz biologischer Silierhilfsmittel unterstützt. Die Zugabe von Melasse fördert vor allem die Stoffwechsellistung des epiphytischen MSB-Besatzes. Dadurch wird eine schnellere pH-Wert-Absenkung durch Milchsäurebildung realisiert. Die Zugabe von Melasse erhöht auch z. T. die Essigsäureproduktion, wobei aber die Gehalte in keiner Silage 1 % der TS überschreiten. Trotz des tendenziell höheren Zuckergehaltes in Lupinenkörnern bewirkt die Zugabe von Melasse vor allem in Lupinenschrotsilagen eine wesentlich schnellere und umfangreichere pH-Wert-Absenkung durch Milchsäurebildung (Abb. 4a–c).

Durch den Einsatz eines Milchsäurebakterienpräparates konnten Ansäuerung und Milchsäurebildung wesentlich beschleunigt werden, wobei der Zusatz des MSB-Präparates in Kombination mit Melasse vor allem bei den Lupinenschrotsilagen in der anfängliche Gärphase (Anhang A68–A74) bis nach Ablauf von 90 Inkubationstagen zu deutlich besseren Ergebnissen

## 4.2 Ergebnisse

hinsichtlich der Milchsäurebildung führte. In den Silagen wurden somit nach 5 Tagen Lagerung 4,3 % (Ackerbohnen), 4,4–4,6 % (Erbsen) und 1,9–4,1 % MS der TS (Lupinen) erzielt. Der positive Effekt zusätzlichen Gärsubstrates spiegelte sich nicht so deutlich im erreichten End-pH-Wert bei den Varianten mit kombiniertem Einsatz von Milchsäurebakterien und Melasse wider.

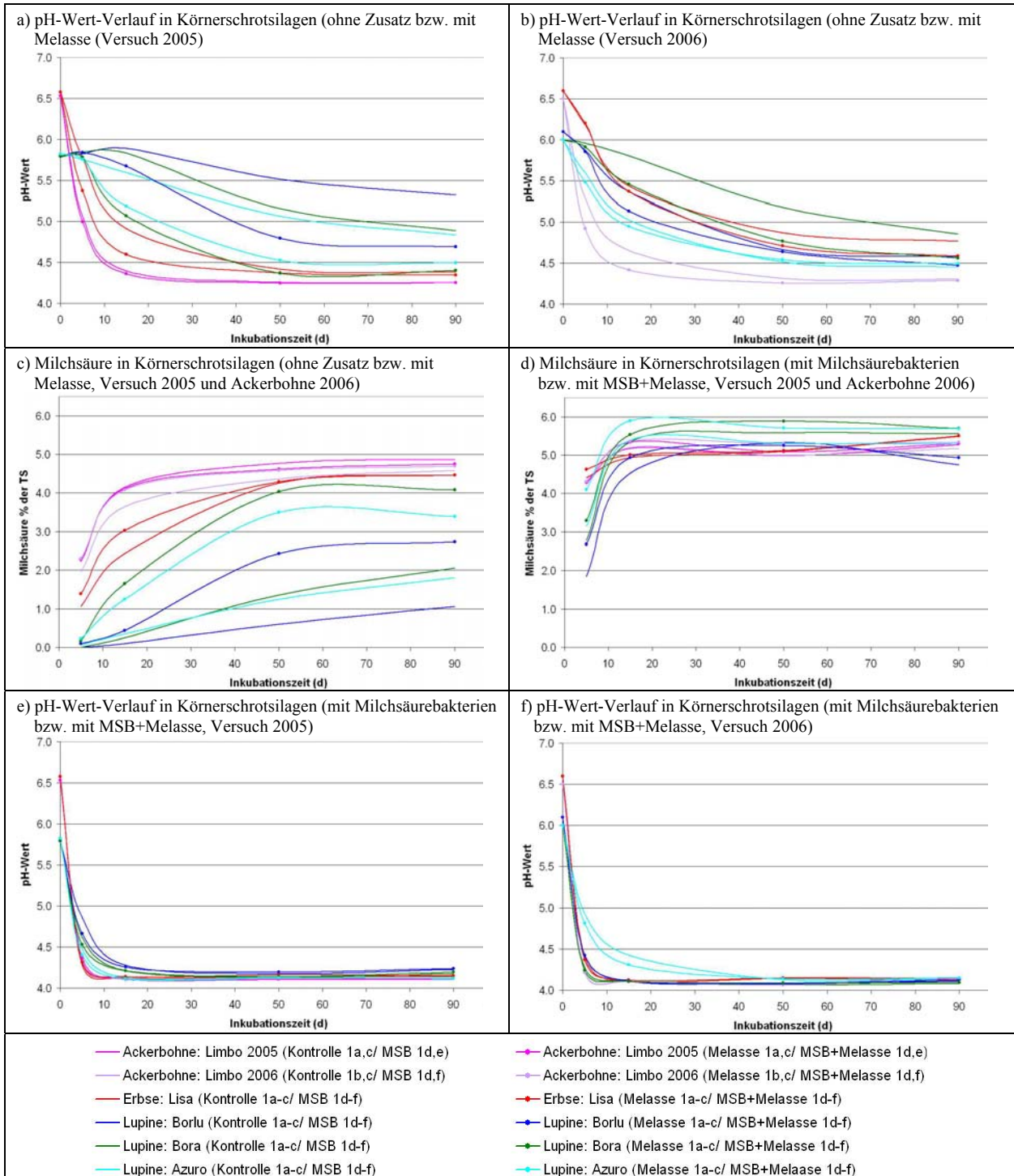


Abb. 4: PH-Wert-Verlauf und Milchsäuregehalte in Körnerschrotsilagen (ca. 65 % TS, n = 3) verschiedener Leguminosen, dargestellt für die Varianten ohne Zusatz (Kontrolle, 1a–c), mit Melassezusatz (2 % der Frischmasse (FM), 1a–c) bzw. mit Milchsäurebakterien (MSB, 1d–f) und kombinierter Zugabe von Melasse und MSB (1d–f); MSB: *Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866

In Tabelle 45 bzw. im Anhang A69–A74 sind die Gärparameter von 90 Tage alten Körnerschrotsilagen dargestellt.

Tab. 45: Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 90 Tagen Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzusatz (ca. 65 % TS; Versuch 2005 und Ackerbohne 2006, n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		MS		ES		PS u. BS		ΣAL		NH <sub>3</sub> -N		Osmolalität	
		[%]						[% TS]						[% N]		[osmol/kg TS]	
Acker- bohne	ASM* <sup>1</sup>	65,3	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,18 <sup>c</sup>	±0,02
	ASM* <sup>2</sup>	65,5	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,34 <sup>d</sup>	±0,02
'Limbo' 2005	KON	65,6	±0,5	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,9 <sup>b</sup>	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	2,3 <sup>a</sup>	±0,0	2,97 <sup>b</sup>	±0,06
	MEL	65,9	±0,5	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	1,9 <sup>b</sup>	±0,0	3,16 <sup>a</sup>	±0,06
	MSB	66,1	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,0	0,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	1,4 <sup>c</sup>	±0,0	2,80 <sup>c</sup>	±0,03
	MSB+MEL	66,1	±0,2	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,1	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	1,1 <sup>d</sup>	±0,0	3,01 <sup>b</sup>	±0,04
'Limbo' 2006	ASM* <sup>1</sup>	66,9	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,09 <sup>c</sup>	±0,02
	ASM* <sup>2</sup>	67,1	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,38 <sup>d</sup>	±0,03
	KON	65,5	±0,3	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,3 <sup>c</sup>	±0,3	0,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	1,0 <sup>a</sup>	±0,0	2,4 <sup>a</sup>	±0,1	3,28 <sup>b</sup>	±0,03
	MEL	65,3	±0,2	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,6 <sup>b</sup>	±0,0	0,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,9 <sup>a</sup>	±0,0	2,1 <sup>b</sup>	±0,0	3,33 <sup>a</sup>	±0,01
	MSB	66,2	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,1 <sup>a</sup>	±0,1	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,4 <sup>b</sup>	±0,0	1,0 <sup>c</sup>	±0,1	2,95 <sup>c</sup>	±0,03
	MSB+MEL	64,8	±0,2	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	0,9 <sup>d</sup>	±0,0	2,97 <sup>c</sup>	±0,04
Erbse 'Lisa'	ASM* <sup>1</sup>	64,4	±0,4	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		0,90 <sup>c</sup>	±0,25
	ASM* <sup>2</sup>	64,6	±0,3	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,07 <sup>e</sup>	±0,07
	KON	63,7	±0,3	4,4 <sup>b</sup>	±0,0	4,5 <sup>b</sup>	±0,0	0,4 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	1,8 <sup>a</sup>	±0,0	2,85 <sup>c</sup>	±0,01
	MEL	64,3	±0,4	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	4,5 <sup>b</sup>	±0,0	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>a</sup>	±0,0	1,5 <sup>b</sup>	±0,0	3,08 <sup>a</sup>	±0,07
	MSB	63,5	±0,5	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>a</sup>	±0,1	0,4 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	0,8 <sup>c</sup>	±0,0	2,76 <sup>d</sup>	±0,03
	MSB+MEL	63,6	±0,1	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	0,7 <sup>d</sup>	±0,0	2,99 <sup>b</sup>	±0,03
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM* <sup>1</sup>	67,2	±0,0	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,49 <sup>e</sup>	±0,08
	ASM* <sup>2</sup>	67,4	±0,1	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,69 <sup>d</sup>	±0,09
	KON	65,5	±0,7	5,3 <sup>b</sup>	±0,0	1,1 <sup>c</sup>	±0,1	0,1 <sup>d</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>a</sup>	±0,2	1,0 <sup>a</sup>	±0,0	2,70 <sup>c</sup>	±0,01
	MEL	66,7	±0,5	4,7 <sup>c</sup>	±0,0	2,7 <sup>b</sup>	±0,1	0,4 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,1	1,0 <sup>a</sup>	±0,0	3,26 <sup>ab</sup>	±0,12
	MSB	66,4	±0,1	4,2 <sup>d</sup>	±0,0	4,8 <sup>a</sup>	±0,1	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,6 <sup>b</sup>	±0,0	3,15 <sup>b</sup>	±0,07
	MSB+MEL	66,1	±0,0	4,2 <sup>d</sup>	±0,0	4,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,6 <sup>b</sup>	±0,0	3,41 <sup>a</sup>	±0,06
'Bora'	ASM* <sup>1</sup>	67,1	±0,1	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,56 <sup>c</sup>	±0,02
	ASM* <sup>2</sup>	67,3	±0,2	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,79 <sup>d</sup>	±0,03
	KON	66,0	±0,9	4,9 <sup>b</sup>	±0,0	2,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,3 <sup>d</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,1	1,2 <sup>a</sup>	±0,0	3,19 <sup>c</sup>	±0,13
	MEL	66,4	±0,1	4,4 <sup>c</sup>	±0,0	4,1 <sup>b</sup>	±0,1	0,6 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1	±0,0	1,0 <sup>b</sup>	±0,0	3,60 <sup>b</sup>	±0,06
	MSB	66,0	±0,1	4,2 <sup>d</sup>	±0,0	5,6 <sup>a</sup>	±0,2	0,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1	±0,0	0,8 <sup>c</sup>	±0,0	3,52 <sup>b</sup>	±0,05
	MSB+MEL	65,8	±0,2	4,2 <sup>d</sup>	±0,0	5,7 <sup>a</sup>	±0,1	0,8 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1	±0,0	0,8 <sup>c</sup>	±0,0	3,78 <sup>a</sup>	±0,03
(bitter) 'Azuro'	ASM* <sup>1</sup>	66,1	±0,2	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,62 <sup>d</sup>	±0,06
	ASM* <sup>2</sup>	66,3	±0,1	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,86 <sup>c</sup>	±0,02
	KON	66,5	±0,3	4,8 <sup>b</sup>	±0,0	1,8 <sup>d</sup>	±0,0	0,6 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	1,1 <sup>a</sup>	±0,0	3,32 <sup>b</sup>	±0,07
	MEL	66,6	±0,0	4,5 <sup>c</sup>	±0,0	3,4 <sup>c</sup>	±0,1	0,7 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	0,9 <sup>b</sup>	±0,0	3,77 <sup>a</sup>	±0,00
	MSB	66,7	±0,4	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,3 <sup>b</sup>	±0,1	0,4 <sup>d</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,7 <sup>c</sup>	±0,0	3,49 <sup>b</sup>	±0,02
	MSB+MEL	65,6	±0,4	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,7 <sup>a</sup>	±0,1	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,7 <sup>c</sup>	±0,0	3,69 <sup>a</sup>	±0,04

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup>, 2 % der Frischmasse (FM)); AL: Alkohol (Σ aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; PS u. BS: Propionsäure und Buttersäure + i-Valeriansäure; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

Für eine stabile Silage ist der nach Abschluss der Milchsäuregärung erzielte pH-Wert ein entscheidendes Kriterium. Nach **90 Tagen** Lagerdauer weisen alle geprüften Silagen in Bezug auf den TS-Gehalt hinreichend tiefe pH-Werte auf. Im hohen TS-Bereich von 65 % wird der nach WEISSBACH (1968) berechnete kritische pH-Wert von mindestens 5,4 in allen Silagen erzielt. Der nach DLG (2006b) geforderte pH-Wert von 5,0 bei Silagen > 45 % TS wird nur in den 90 Tagen alten Silagen der Sorte 'Borlu' mit 5,3 überschritten. Mit Ausnahme der Lupinen (Variante ohne Zusätze) entsprechen die erzielten Milchsäuregehalte in den Silagen dem nach



DLG-Schlüssel geforderten Orientierungswert von  $> 3 \%$  der TS. Insgesamt erreichen die Milchsäuregehalte  $1\text{--}6 \%$  der TS. Das Gär säuremuster der Silagen besteht zu  $76\text{--}95 \%$  Milchsäureanteil an der Gesamtsäure ( $\Sigma$  Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, i-Valeriansäure). Die Essigsäuregehalte in den reifen Silagen (Tag 90) liegen überwiegend im geforderten Bereich von  $0,3\text{--}0,8 \%$  der TS (Gehalt an Essig- und Propionsäure  $< 3,5 \%$  der TS), so dass von einem positiven Effekt auf die aerobe Stabilität auszugehen ist. Propionsäure und Buttersäure sind nicht oder nur in Spuren vorhanden. Die geringen Alkoholgehalte (zumeist  $< 0,3 \%$  der TS; max.  $1 \%$  der TS) werden durch den Einsatz von Milchsäurebakterien noch weiter reduziert ( $p < 0,05$ ).

Der während des Silierprozesses aufgrund der Wirkung pflanzeeigener Enzyme oder mikrobieller Gär schädlinge stattfindende Abbau von Proteinen und Aminosäuren wird wesentlich beeinflusst durch den TS-Gehalt des Siliergutes. In den geprüften Leguminosenschrotsilagen war aufgrund des hohen TS-Gehaltes kein nennenswerter Abbau zu erwarten. Dies wird durch den geringen Ammoniakgehalt, ausgedrückt als Anteil  $\text{NH}_3\text{-N}$  am Gesamt-N als Maß für die Höhe des Protein- bzw. Aminosäureabbaus, bestätigt (Tab. 45). Ein weiterer Parameter zur Schätzung der Silagequalität ist die Veränderung der Osmolalität im Gärverlauf (HOEDTKE *et al.* 2005, 2008). Die Osmolalität bezeichnet die Menge an osmotisch wirksamen Teilchen, die in einem Kilogramm reinem Lösungsmittel gelöst ist. Als Maß für den osmotischen Wert in der wässrigen Phase wurde sie mit Hilfe eines Osmometers über die Gefrierpunktniedrigung gemessen. Nach der allgemeingültigen Beziehung zwischen Trockensubstanz, Wasseraktivität und Osmolalität ist davon auszugehen, dass aufgrund der hohen TS-Gehalte im Körnerschrot ein relativ hoher osmotischer Wert vorliegt, der über der Toleranzgrenze unerwünschter Verderbniserreger liegt (WEISSBACH 1968; McDONALD *et al.* 1991). Dies ist jedoch insbesondere im Ausgangsmaterial nicht der Fall. Wie der Tabelle 45 zu entnehmen ist, liegt die Osmolalität im unbehandelten Ausgangsmaterial (ca.  $65 \%$  TS) im Bereich von  $0,9\text{--}1,6$  osmol/kg. Zurückzuführen ist dies zum einen auf die geringen Gehalte an im Restwasser gelösten, osmotisch wirksamen Teilchen aufgrund der geringen Zucker- und Aschegehalte in den Körnern und zum anderen auf die reifebedingten und sortenspezifisch hohen Gehalte an osmotisch weniger wirksamen Polymeren, wie Proteinen oder Stärke (GREENHILL 1964). Melassezusatz erhöht die Osmolalität geringfügig auf maximal  $1,9$  osmol/kg. Nach SWEENEY & BEUCHAT (1993) ist ein uneingeschränktes Wachstum der meisten Gär schädlinge noch bis  $2,8$  osmol/kg möglich.

Nach frühestens 15 Tagen und spätestens 90 Tagen Lagerdauer wurden in allen Modellsilagen Osmolalitäten von mindestens ca.  $2,8$  osmol/kg erreicht (Anhang A69–A74). Diese Erhöhung

der Osmolalität gegenüber dem Ausgangsmaterial resultiert aus dem Abbau von osmotisch relativ inaktiven Makromolekülen im Fermentationsprozess und dem gleichzeitig steigenden Anteil an osmotisch wirksamen Teilchen im Restwasser, wie mono- und dimere Zucker sowie Milchsäure und andere Gärprodukte. Der Effekt der mit der Melasse eingebrachten osmotisch wirksamen Substanzen ist auch in den reifen Silagen noch präsent. Die erreichten Osmolalitäten in den reifen Silagen sowie die nicht bzw. nur in geringem Umfang gebildeten Nebengärungsprodukte lassen auf eine effektive Inhibierung wenig osmotoleranter Gärschädlinge in Leguminosenschrotsilagen schließen.

### **Gärparameter der Silierung mit 25 % Kornfeuchte**

In Tabelle 46 sind die Gärparameter von 90 Tage alten Körnerschrotsilagen aus dem Versuch 2005 bei ca. 75 % TS dargestellt. Ergänzungen zu weiteren Inkubationszeiten und dem Versuch 2006 sind im Anhang A75–A81 aufgeführt. Auch die mit ca. 75 % TS bereiteten Modellsilagen wiesen zu allen Öffnungstagen und in allen Varianten in der organoleptischen Prüfung eine sehr gute Qualität auf. In Auswertung der Analyseergebnisse scheint es sich bei dieser Form der Konservierung jedoch eher um eine konservierende Lagerung unter Luftabschluss als um Konservierung durch milchsaure Gärung zu handeln. Nach 90 Tagen Lagerdauer sinken die pH-Werte in allen Varianten nicht oder nur geringfügig. In der unbehandelten Kontrolle sind Milchsäure und die üblichen Produkte der Nebengärungen überwiegend nicht bzw. nur in marginalen Mengen vorhanden. Desgleichen fördert der Einsatz von Silierhilfsmitteln, wie aus den geringen Mengen der in diesen Varianten gebildeten Gärprodukte zu entnehmen ist, die Fermentation nur in sehr geringem Umfang. Protein- und Aminosäureabbau werden in diesem TS-Bereich weitestgehend unterbunden, dementsprechend ist Ammoniak nur in Spuren nachweisbar (Tab. 46). Vor diesem Hintergrund gestaltet sich die Bewertung der ermittelten Osmolalitäten schwierig. Die Werte im Ausgangsmaterial sind zwar gegenüber dem Erntegut der TS-Stufe 65 % erhöht (Tab. 46). Es findet jedoch während der Fermentation noch eine weitere und wesentliche Erhöhung der Osmolalität statt (Tab. 46; Anhang A75–A81), die nicht mit den geringen Mengen der gebildeten Gärprodukte oder dem geringen Anstieg der Zuckergehalte in den Leguminosenschrotsilagen erklärt werden kann (Anhang A82–A84).

Ausgenommen von allen vorgenannten Feststellungen sind die Silagen aus Körnern der Lupinensorte 'Azuro' (Versuch 2005). Hier sind nach 90 Tagen Lagerung ein deutlicher pH-Wert-Abfall sowie ausreichende Mengen an Milchsäure in den Varianten mit MSB-Zusatz nachzuweisen (Anhang A81). Die Begründung für diese Ergebnisse liegt offensichtlich im TS-Gehalt der Silagen. Die Sorte 'Azuro' wurde aufgrund von technisch bedingten Diskrepanzen zwischen der TS-Bestimmung auf dem Feld und dem tatsächlichen TS-Gehalt im Erntegut mit

nur 71 % TS siliert. Demnach scheinen bereits Kornfeuchten von ca. 30 % bei Einsatz leistungsfähiger, osmotoleranter Milchsäurebakterienpräparate eine erfolgreiche milchsäure Konservierung von Leguminosenschroten sicherzustellen.

Tab. 46: Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 90 Tagen Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzusatz (ca. 75 % TS; Versuch 2005 und Ackerbohne 2006, n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		MS		ES		PS u. BS		ΣAL		NH <sub>3</sub> -N		Osmolalität	
		[%]								[% TS]			[% N]		[osmol/kg TS]		
Acker- bohne	ASM* <sup>1</sup>	75,6	±0,1	6,4 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,96 <sup>d</sup>	±0,03
	ASM* <sup>2</sup>	75,6	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		2,25 <sup>c</sup>	±0,05
'Limbo' 2005	KON	74,9	±0,1	6,2 <sup>b</sup>	±0,1	0,0 <sup>d</sup>	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>ab</sup>	±0,2	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	2,60 <sup>b</sup>	±0,08
	MEL	74,6	±0,2	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,5 <sup>a</sup>	±0,1	0,5 <sup>ab</sup>	±0,1	3,15 <sup>a</sup>	±0,03
	MSB	74,6	±0,2	6,0 <sup>c</sup>	±0,0	0,4 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>ab</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,1	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	2,65 <sup>b</sup>	±0,02
	MSB+MEL	74,7	±0,1	5,8 <sup>d</sup>	±0,1	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	0,1 <sup>ab</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,3 <sup>ab</sup>	±0,1	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	3,11 <sup>a</sup>	±0,10
'Limbo' 2006	ASM* <sup>1</sup>	77,0	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		0,94 <sup>d</sup>	±0,03
	ASM* <sup>2</sup>	77,0	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,69 <sup>c</sup>	±0,05
	KON	75,5	±0,4	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,2	±0,0	0,0	±0,0	0,3	±0,0	0,3	±0,0	2,78 <sup>b</sup>	±0,06
	MEL	76,0	±0,5	6,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,1 <sup>a</sup>	±0,0	0,2	±0,0	0,0	±0,0	0,3	±0,0	0,4	±0,0	3,23 <sup>a</sup>	±0,09
	MSB	74,9	±0,2	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,2	±0,0	0,0	±0,0	0,4	±0,1	0,3	±0,0	2,79 <sup>b</sup>	±0,04
	MSB+MEL	75,0	±0,7	6,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,2	±0,0	0,0	±0,0	0,4	±0,2	0,4	±0,0	3,17 <sup>a</sup>	±0,16
Erbse 'Lisa'	ASM* <sup>1</sup>	75,1	±0,1	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,45 <sup>d</sup>	±0,02
	ASM* <sup>2</sup>	75,1	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,78 <sup>c</sup>	±0,10
	KON	74,5	±0,2	6,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>d</sup>	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,1	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	2,60 <sup>b</sup>	±0,02
	MEL	74,7	±0,3	5,9 <sup>c</sup>	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	2,91 <sup>a</sup>	±0,07
	MSB	74,6	±0,3	6,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	2,62 <sup>b</sup>	±0,03
	MSB+MEL	74,2	±0,2	5,8 <sup>d</sup>	±0,0	0,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	2,95 <sup>a</sup>	±0,05
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM* <sup>1</sup>	73,9	±0,2	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,69 <sup>d</sup>	±0,06
	ASM* <sup>2</sup>	73,9	±0,3	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		2,06 <sup>c</sup>	±0,17
	KON	74,2	±0,9	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>d</sup>	±0,0	0,1	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,1	0,6	±0,0	3,31 <sup>b</sup>	±0,12
	MEL	73,2	±0,3	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,1	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>a</sup>	±0,0	0,6	±0,1	3,61 <sup>a</sup>	±0,19
	MSB	72,9	±0,6	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,1	±0,0	0,0	±0,0	0,7 <sup>a</sup>	±0,0	0,6	±0,1	3,53 <sup>b</sup>	±0,23
	MSB+MEL	72,6	±0,1	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	0,1	±0,0	0,0	±0,0	0,4 <sup>b</sup>	±0,1	0,6	±0,0	3,62 <sup>a</sup>	±0,13
'Bora'	ASM* <sup>1</sup>	74,6	±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		2,35 <sup>c</sup>	±0,11
	ASM* <sup>2</sup>	74,6	±0,1	5,9 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		2,52 <sup>c</sup>	±0,20
	KON	75,4	±0,1	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,1	0,6	±0,0	3,50 <sup>b</sup>	±0,05
	MEL	75,1	±0,6	5,6 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>a</sup>	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,1	0,6	±0,0	3,73 <sup>a</sup>	±0,07
	MSB	74,9	±0,0	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	0,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,0	0,6	±0,0	3,50 <sup>b</sup>	±0,12
	MSB+MEL	74,8	±0,1	5,6 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>ab</sup>	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,2	±0,1	0,6	±0,0	3,68 <sup>a</sup>	±0,16
(bitter) 'Azuro'	ASM* <sup>1</sup>	70,8	±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		1,78 <sup>d</sup>	±0,01
	ASM* <sup>2</sup>	70,9	±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		n. a.		2,00 <sup>c</sup>	±0,07
	KON	70,6	±1,3	5,6 <sup>b</sup>	±0,0	0,1 <sup>d</sup>	±0,0	0,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	3,36 <sup>b</sup>	±0,20
	MEL	71,2	±0,4	5,5 <sup>b</sup>	±0,0	0,5 <sup>c</sup>	±0,0	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,6 <sup>ab</sup>	±0,0	3,53 <sup>b</sup>	±0,09
	MSB	71,0	±0,3	4,5 <sup>c</sup>	±0,0	4,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,1	0,0	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,2	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	3,89 <sup>a</sup>	±0,01
	MSB+MEL	70,1	±0,1	4,4 <sup>c</sup>	±0,0	4,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,0	±0,0	0,1 <sup>b</sup>	±0,0	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	4,02 <sup>a</sup>	±0,03

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup>, 2 % der Frischmasse (FM)); AL: Alkohol (Σ aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; PS u. BS: Propionsäure und Buttersäure + i-Valeriansäure; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

### Aerobe Stabilität der Körnerschrotsilagen

Von wesentlicher Bedeutung für die Qualität der zur Verfütterung gelangenden Silage ist die Phase von der Öffnung des Silos bis zur Vorlage im Futtertrog. In Abhängigkeit vom TS-Gehalt, der Umgebungstemperatur und den gebildeten Gärprodukten können bei ungünstiger Faktorenkombination (geringe TS-Gehalte, hohe Temperaturen, geringe Essigsäuregehalte) hohe

Nährstoff- und Energieverluste durch den unter Lufteinfluss einsetzenden mikrobiell induzierten Verderb auftreten (WOOLFORD 1990; PAHLOW *et al.* 2003). Daher gilt die aerobe Lagerstabilität als ein entscheidender Qualitätsparameter von Silagen. Die nach 50 Tagen Lagerung geöffneten und anschließend für die Untersuchungen zur aeroben Stabilität verwendeten Modellsilagen waren organoleptisch als einwandfrei zu beurteilen. Im Anhang A70–A74 und A77–A81 sind die Gärparameter dieser Silagen aufgeführt. In Tabelle 47 sind die nach 7-tägiger aerober Lagerung ermittelten Daten zusammengestellt.

Bis auf wenige Ausnahmen war in den Silagen innerhalb einer 3-tägigen Lagerung unter Luftzufuhr keine Temperaturerhöhung um mehr als 3 °C festzustellen. Demnach sind die Körnerschrotsilagen im TS-Bereich von 65 % und 75 % überwiegend als aerob stabil zu bezeichnen (DLG 2006a). Die Konservate aus Ackerbohnschrot waren bei allen Behandlungsstufen über den gesamten Prüfzeitraum (7 Tage) ausnahmslos aerob stabil. Weitere Silagen aus Erbsenschrot ('Lisa', TS-Stufe 75 %) und aus Lupinenschrot ('Azuro', TS-Stufe 65 %) waren ebenso in allen Varianten aerob stabil. Bei den Varianten lag der pH-Wert auch nach 7-tägiger aerober Lagerung noch immer auf dem Niveau entsprechend dem Zeitpunkt der Silageauslagerung.

Tab. 47: Aerobe Stabilität ( $d_s$  in Tagen) von Körnerschrotsilagen (50 Tage Lagerung) verschiedener Leguminosenarten und -sorten sowie Verluste in % der Einwaage und pH-Wert-Änderungen während der aeroben Lagerung (7 Tage) in Abhängigkeit vom TS-Gehalt sowie dem Einsatz von Silierzusätzen (Versuch 2006; n = 3)

Sorte	KON			MEL			MSB			MEL+ MSB		
	$d_s$	Verlust [% EW]	$\Delta$ pH	$d_s$	Verlust [% EW]	$\Delta$ pH	$d_s$	Verlust [% EW]	$\Delta$ pH	$d_s$	Verlust [% EW]	$\Delta$ pH
65 % TS												
'Limbo'	7	0,5–0,6	0	7	0,4–0,6	0	7	0,4–0,5	0	7	0,3–0,5	0
'Lisa'	1–3	1,8–2,6	1,3–2,9	1–4	2,1–2,8	1,7–3,3	7	0,6–0,7	0	7	0,5	0
'Borlu'	2–3	2,7–3,0	1,6–1,8	3–5	0,7–2,2	0,5	7	0,4	0	7	0,2–0,3	0
'Bora'	3–6	0,8–3,3	0,1–2,0	7	0,4–0,6	0	7	0,4	0	7	0,4	0
'Azuro'	7	0,6–0,7	0	7	0,5–0,6	0	7	0,5–0,7	0	7	0,4–0,5	0
75 % TS												
'Limbo'	7	0,3–0,5	0	7	0,3–0,4	0	7	0,3–0,4	0	7	0,3–0,4	0
'Lisa'	7	0,3–1,0	0	7	0,4	0	7	0,4	0	7	0,3–0,4	0
'Borlu'	2–3	2,4–2,6	0,5	3	2,8–2,9	0,8	2–3	2,4–2,9	0,6–1,0	3	2,8–3,2	0,8
'Bora'	7	0,6–0,7	0	6	0,7–0,8	0	6	0,6–0,9	-	5–6	0,7–1,2	0
'Azuro'	3	1,6–2,0	0,1	3–4	2,0–2,7	0,6	3	2,4–2,6	0,5	3–4	2,6–2,9	0,4–0,7

'Limbo' (Ackerbohne); 'Lisa' (Erbse); 'Borlu', 'Bora', 'Azuro' (Blaue Lupine); EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz;  $d_s$ : Tage stabil;  $\Delta$  pH: pH-Wert-Anstieg während aerober Lagerung

Trat innerhalb der 7-tägigen aeroben Lagerung ein mikrobieller Verderb ein, wurde erwartungsgemäß eine pH-Wert-Erhöhung verzeichnet. Dieser pH-Wert-Anstieg war zumeist bei deutlicher Erwärmung bis zu +22 °C besonders ausgeprägt, was auf einen intensiven mikrobiell verursachten Milchsäureabbau schließen lässt. Bei aerob instabilen Silagen war nach 7 Tagen

gleichzeitig starke Schimmelbildung zu bemerken. Die unter Luftstress ermittelten TS-Verluste sind als gering einzuschätzen.

Im TS-Bereich von 65 % trat bei Lagerung unter Lufteinfluss in den Erbsen- und Lupinenschrotsilagen ('Borlu') ohne MSB-Zusatz innerhalb von 3 Tagen aerober Verderb (Temperaturerhöhung um 3 °C) ein. Durch den Einsatz eines Milchsäurebakterienpräparates wurde die aerobe Stabilität grundsätzlich verbessert. In den Konservaten mit ca. 75 % TS zeitigte der Einsatz von Silierhilfsmitteln keinen positiven Effekt hinsichtlich der aeroben Stabilität der Silagen ('Borlu').

### **4.2.2.4.1 Ergebnisse zur Auswirkung der Silierung auf die Gehalte an nutritiven Inhaltsstoffen**

Bei optimaler Verfahrensgestaltung können die Nährstoffe des Ausgangsmaterials, mit Ausnahme der fermentierbaren Kohlenhydrate, in der resultierenden Silage weitestgehend konserviert bzw. erhalten werden. Alle bereiteten Modellsilagen waren lagerstabil und von sehr guter Gärqualität. Außer den Zucker- und Stärkegehalten unterliegen die Nährstoffgehalte in den Silagen beider TS-Stufen keinen Veränderungen und entsprechen daher denen des Ausgangsmaterials mit guter Futterwertqualität für Monogastrier (Anhang A82–A84). Auftretende Schwankungen der Gehalte im Vergleich zur Ausgangssituation resultieren aus der Streuung durch die Analysenmethode (u. a. Probenaufbereitung).

Nach 90 Tagen Lagerdauer konnten in den geprüften Silagen auch bei 65 % TS noch Restzuckeranteile (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) nachgewiesen werden (Anhang A87–A90).

Bei 65 % TS im silierten Gut wird ersichtlich, dass ein Teil der Stärke von den am Fermentationsprozess beteiligten Mikroben verstoffwechselt und somit für die Milchsäurebildung herangezogen werden kann. Besonders deutlich ist dies bei den Körnern mit hohem Stärkegehalt (Ackerbohne, Erbse). Hier werden bis zu 55 % der Stärke in den Varianten mit MSB-Zusatz mit entsprechender Auswirkung auf den energetischen Futterwert abgebaut (Erbsen: -0,7 MJ ME<sub>S</sub>/kg TS bzw. -3,4 MJ ME<sub>G</sub>/kg TS). Die Stärkegehalte in den reifen Silagen aus Ackerbohnen- bzw. Erbsenkörnern mit 25 % Restfeuchte sind aufgrund des hohen TS-Gehaltes und der daraus folgenden weitestgehenden Inhibierung der mikrobiellen Aktivität unverändert (Anhang A82–A84). Lediglich in den Lupinenschrotsilagen ist eine Reduzierung der Stärkegehalte festzustellen. Dieser hat jedoch aufgrund der generell geringen Gehaltsgröße keinerlei Auswirkungen auf den energetischen Futterwert der Lupinenschrotsilagen.

Aussagen zum Proteinabbau in Silagen können aus dem Gehalt an NH<sub>3</sub>-N – der in gut vergorenen Silagen einen Anteil von 10 % am Gesamt-N nicht überschreitet sollte – oder, wie

von BICKEL *et al.* (2006) vorgeschlagen, aus dem Gehalt an  $\alpha$ -Amino-N abgeleitet werden. In den Anhangstabellen A85 und A86 sind ausgewählte Stickstofffraktionen in den Modellsilagen der geprüften TS-Stufen zu Beginn und Ende der Lagerung (90 Tage) dargestellt. Im Vergleich zum jeweiligen Ausgangsmaterial blieben die Rohproteingehalte der Silagen annähernd konstant. Die jeweils ermittelten Ab- bzw. Zunahmen bewegen sich in % der TS zwischen -1,8 und +1,5 Einheiten (Anhang A82–A84). Diese Differenzen sind mit der Analysenmethode zu begründen. Entsprechend der Rohproteingehalte im Erntegut weisen Lupinensilagen den höchsten N-Index auf. Die ermittelten Anteile von maximal 2,4 %  $\text{NH}_3\text{-N}$  und 14 %  $\alpha$ -Amino-N am Gesamt-N sind aufgrund der hohen TS-Gehalte sehr niedrig. Ein geringer Anstieg der Anteile im Verlauf der Fermentation ist nachweisbar, dabei ist der Umfang des Proteinabbaus in der TS-Stufe 75 % nahezu vernachlässigbar. Der Proteinabbau in der TS-Stufe 65 % kann durch den Einsatz von Milchsäurebakterien weiterhin reduziert werden.

#### 4.2.2.4.2 Ergebnisse zur Auswirkung der Silierung auf die Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen

##### Alkaloide

Im Hinblick auf die Körnernutzung und deren Effekt auf die Tiergesundheit sollten die unerwünschten Alkaloidgehalte in unsilierten Lupinenkörnern bzw. nach der Silierung Betrachtungspunkt der Untersuchungen sein. In Tabelle 48 sind die Alkaloidgehalte im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit 65 % bzw. 75 % TS geernteten Lupinenkörnern abgebildet. Die Reduzierung des Alkaloidgehaltes durch den Silierprozess kann anhand der eigenen Versuchsanstellung nicht eindeutig bestätigt werden.

Tab. 48: Alkaloidgehalt im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit 65 % bzw. 75 % TS geernteten Lupinenkörnern (Versuch 2005; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		Alkaloid (gesamt)		TS		Alkaloid (gesamt)	
		[%]	±	[% TS]	±	[%]	±	[% TS]	±
'Borlu'	ASM	67,24	±0,00	0,116 <sup>a</sup>	±0,027	73,86	±0,20	0,195 <sup>a</sup>	±0,005
	KON	65,48	±0,42	0,091 <sup>a</sup>	±0,012	74,19	±0,85	0,133 <sup>c</sup>	±0,013
	MEL	66,75	±0,55	0,078 <sup>ab</sup>	±0,004	73,22	±0,35	0,143 <sup>c</sup>	±0,001
	MSB	66,38	±0,14	0,070 <sup>b</sup>	±0,007	72,89	±0,63	0,187 <sup>ab</sup>	±0,019
	MSB+MEL	66,11	±0,03	0,087 <sup>a</sup>	±0,009	72,57	±0,11	0,170 <sup>b</sup>	±0,006
'Bora'	ASM	67,11	±0,11	0,103 <sup>a</sup>	±0,028	74,61	±0,10	0,091 <sup>ab</sup>	±0,033
	KON	65,97	±0,89	0,079 <sup>ab</sup>	±0,007	75,37	±0,07	0,134 <sup>a</sup>	±0,036
	MEL	66,37	±0,13	0,071 <sup>b</sup>	±0,012	75,14	±0,64	0,047 <sup>b</sup>	±0,010
	MSB	66,05	±0,07	0,077 <sup>ab</sup>	±0,026	74,92	±0,03	0,047 <sup>b</sup>	±0,015
	MSB+MEL	65,79	±0,20	0,062 <sup>b</sup>	±0,012	74,79	±0,09	0,062 <sup>b</sup>	±0,027
(bitter) 'Azuro'	ASM	66,07	±0,13	2,991	±1,060	70,80	±0,04	1,090	±1,070
	KON	66,51	±0,32	3,140	±0,416	70,57	±1,35	1,122	±0,034
	MEL	66,64	±0,01	2,390	±0,153	71,19	±0,41	1,229	±1,068
	MSB	66,72	±0,42	2,896	±0,217	70,95	±0,27	1,837	±0,048
	MSB+MEL	65,56	±0,41	2,590	±0,070	70,10	±0,09	1,858	±0,050

Alkaloid (gesamt): externer Standard bei Messung mit GC-MS: Lupanin und Spartein; ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; <sup>ab</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Silagevarianten einer Sorte im definierten TS-Bereich

### **Oligosaccharide**

Nachdem durch *in-vitro*-Untersuchungen (Rostocker Fermentationstest) anhand der Milchsäurebildung auf ausreichend vergärbare Kohlenhydrate in Lupinenkörnern geschlossen wurde, obwohl im Wasserextrakt nur geringe Mengen an monomeren und dimeren Zuckern direkt nachweisbar waren, wurden im Siliergut die Fraktionen der Oligosaccharide als mögliches Gärsubstrat vermutet. Obwohl die meisten Milchsäurebakterien Hexosen und Pentosen als Gärsubstrat verwenden, sind einige Stämme auch dazu befähigt, Di-, Tri-, Oligo- und Polysaccharide in Monosaccharide zu spalten und diese für ihre Energiegewinnung zu nutzen.

Im Anhang A87–A90 sind die Zuckerfraktionen und Oligosaccharidgehalte (Raffinose, Stachyose, Verbascose) für die resultierenden Körnerschrotsilagen zusammengestellt. Nach 90 Tagen Lagerung sind sowohl in den mit 65 % als auch in den mit 75 % silierten Modellsilagen mit wenigen Ausnahmen (die nur geringe Restgehalte zeigen) keine Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) mehr nachweisbar. Durch die im Silierprozess stattgefundenen Abbauprozesse der höher molekularen Zuckerfraktionen resultiert ein zum Teil höherer Galactosegehalt in den Silagen.

### **Phenole und Tannine**

Hintergrund der Untersuchungen war die Prüfung, inwieweit die Silierung einen Einfluss auf die Phenol- und Tanningehalte hat. Die Tabellen 49 und 50 fassen die Ergebnisse der Silierversuche zusammen.

In den Silageproben sind signifikante Reduzierungen ( $p < 0,05$ ) von Gesamtphenolen, Tanninphenolen sowie insgesamt hohe Abbauraten bei kondensierten Tanninen von bis zu 79 % im Vergleich zum Erntegut festzustellen.

Die Gehalte an Gesamtphenolen sind nach 90 Tagen Lagerdauer in den Erbsenschrotsilagen um 32–53 %, in den Ackerbohnschrotsilagen um 0–51 % (durchschnittlich 30 %) reduziert. Durch den Einsatz von Silierhilfsmitteln (Melasse, Milchsäurebakterien) können die Effekte nicht weiter gesteigert werden. Die Analyseergebnisse liegen weitestgehend auf dem Niveau der unbehandelten Variante (Kontrolle). Ein Einfluss der Silierung auf den Gehalt der Nicht-Tanninphenole ist nicht nachzuweisen. Die Gehalte bleiben im Vergleich zum Ausgangsmaterial nahezu unverändert. Tanninphenole werden im Silierprozess um 13–84 % und kondensierte Tannine um 25–91 % reduziert. In den Silagen mit ca. 75 % TS ist der Umfang der Reduzierung der Tanninfraktionen geringer. Gesamtphenole und Tanninphenole wurden bei 75 % TS um durchschnittlich 29 % und 40 % und kondensierte Tannine um 59 % gesenkt. Bei 65 % TS wurden diese Fraktionen um durchschnittlich 42 %, 71 % und 79 % reduziert. Auf die

methodischen Ursachen der im Vergleich zum Tanninphenol höheren Gehalte an kondensierten Tanninen ist bereits hingewiesen worden.

Tab. 49: Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen- und Erbsensorten (Versuch 2005; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		Gesamtphenole		Nicht-Tanninphenole		Tanninphenole		kondensierte Tannine*	
		[%]						[% TS]					
Ackerbohne 'Limbo'	ASM	65,3	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	1,84 <sup>a</sup>	±0,18	0,76 <sup>c</sup>	±0,07	1,09 <sup>a</sup>	±0,14	2,58 <sup>a</sup>	±0,14
	KON	65,6	±0,5	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	1,25 <sup>bc</sup>	±0,08	0,84 <sup>ab</sup>	±0,02	0,40 <sup>bc</sup>	±0,07	0,64 <sup>bc</sup>	±0,03
	MEL	65,9	±0,5	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	1,33 <sup>b</sup>	±0,08	0,87 <sup>a</sup>	±0,03	0,46 <sup>b</sup>	±0,08	0,70 <sup>b</sup>	±0,02
	MSB	66,1	±0,0	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	1,16 <sup>c</sup>	±0,05	0,82 <sup>b</sup>	±0,02	0,35 <sup>c</sup>	±0,03	0,55 <sup>c</sup>	±0,01
	MSB+MEL	66,1	±0,2	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	1,20 <sup>c</sup>	±0,06	0,83 <sup>ab</sup>	±0,01	0,37 <sup>bc</sup>	±0,06	0,58 <sup>c</sup>	±0,04
	ASM	75,6	±0,1	6,4 <sup>a</sup>	±0,0	2,21 <sup>a</sup>	±0,15	0,93 <sup>a</sup>	±0,08	1,28 <sup>a</sup>	±0,10	2,69 <sup>a</sup>	±0,12
	KON	74,9	±0,1	6,2 <sup>b</sup>	±0,1	1,68 <sup>bc</sup>	±0,17	0,81 <sup>b</sup>	±0,04	0,87 <sup>bc</sup>	±0,15	2,03 <sup>b</sup>	±0,21
	MEL	74,6	±0,2	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	1,55 <sup>c</sup>	±0,07	0,78 <sup>b</sup>	±0,02	0,77 <sup>c</sup>	±0,05	1,57 <sup>cd</sup>	±0,18
	MSB	74,6	±0,2	6,0 <sup>c</sup>	±0,0	1,71 <sup>b</sup>	±0,07	0,83 <sup>b</sup>	±0,03	0,89 <sup>b</sup>	±0,04	1,70 <sup>c</sup>	±0,08
	MSB+MEL	74,7	±0,1	5,8 <sup>d</sup>	±0,1	1,63 <sup>bc</sup>	±0,05	0,82 <sup>b</sup>	±0,02	0,80 <sup>bc</sup>	±0,03	1,46 <sup>d</sup>	±0,10
Erbsen 'Lisa'	ASM	64,4	±0,4	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	1,38 <sup>a</sup>	±0,02	0,40 <sup>b</sup>	±0,04	0,98 <sup>a</sup>	±0,05	2,41 <sup>a</sup>	±0,16
	KON	63,7	±0,3	4,4 <sup>b</sup>	±0,0	0,67 <sup>b</sup>	±0,05	0,43 <sup>ab</sup>	±0,08	0,24 <sup>b</sup>	±0,12	0,59 <sup>b</sup>	±0,03
	MEL	64,3	±0,4	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	0,65 <sup>b</sup>	±0,07	0,46 <sup>ab</sup>	±0,01	0,19 <sup>b</sup>	±0,06	0,57 <sup>b</sup>	±0,05
	MSB	63,5	±0,5	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,68 <sup>b</sup>	±0,03	0,43 <sup>ab</sup>	±0,02	0,25 <sup>b</sup>	±0,03	0,54 <sup>b</sup>	±0,04
	MSB+MEL	63,6	±0,1	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,69 <sup>b</sup>	±0,04	0,47 <sup>a</sup>	±0,05	0,23 <sup>b</sup>	±0,05	0,52 <sup>b</sup>	±0,08
	ASM	75,1	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	1,31 <sup>a</sup>	±0,10	0,37 <sup>a</sup>	±0,04	0,94 <sup>a</sup>	±0,09	2,24 <sup>a</sup>	±0,15
	KON	74,5	±0,2	6,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,77 <sup>bc</sup>	±0,06	0,31 <sup>b</sup>	±0,01	0,45 <sup>b</sup>	±0,05	1,18 <sup>b</sup>	±0,13
	MEL	74,7	±0,3	5,9 <sup>c</sup>	±0,0	0,69 <sup>c</sup>	±0,04	0,31 <sup>b</sup>	±0,03	0,38 <sup>c</sup>	±0,05	0,98 <sup>c</sup>	±0,07
	MSB	74,6	±0,3	6,0 <sup>b</sup>	±0,0	0,74 <sup>bc</sup>	±0,05	0,32 <sup>b</sup>	±0,02	0,42 <sup>bc</sup>	±0,04	1,06 <sup>c</sup>	±0,04
	MSB+MEL	74,2	±0,2	5,8 <sup>d</sup>	±0,0	0,79 <sup>b</sup>	±0,03	0,32 <sup>b</sup>	±0,02	0,47 <sup>b</sup>	±0,02	1,04 <sup>c</sup>	±0,06

\* extrahierbare kondensierte Tannine; ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Silagevarianten einer Sorte im definierten TS-Bereich

Tab. 50: Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen (Versuch 2006; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		Gesamtphenole		Nicht-Tanninphenole		Tanninphenole		kondensierte Tannine*	
		[%]						[% TS]					
Ackerbohne 'Limbo'	ASM	66,9	±0,2	6,6 <sup>a</sup>	±0,0	1,73 <sup>a</sup>	±0,03	0,72 <sup>bc</sup>	±0,02	1,01 <sup>a</sup>	±0,02	2,51 <sup>a</sup>	±0,39
	KON	65,5	±0,3	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	0,84 <sup>d</sup>	±0,13	0,69 <sup>c</sup>	±0,05	0,16 <sup>c</sup>	±0,08	0,35 <sup>b</sup>	±0,12
	MEL	65,3	±0,2	4,3 <sup>b</sup>	±0,0	1,09 <sup>bc</sup>	±0,05	0,71 <sup>bc</sup>	±0,04	0,38 <sup>b</sup>	±0,02	0,58 <sup>b</sup>	±0,01
	MSB	66,3	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	1,01 <sup>c</sup>	±0,06	0,76 <sup>b</sup>	±0,07	0,25 <sup>d</sup>	±0,03	0,46 <sup>b</sup>	±0,08
	MSB+MEL	64,8	±0,2	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	1,15 <sup>b</sup>	±0,04	0,82 <sup>a</sup>	±0,02	0,33 <sup>c</sup>	±0,03	0,31 <sup>b</sup>	±0,17
	ASM	77,0	±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	1,65 <sup>a</sup>	±0,10	0,78 <sup>b</sup>	±0,01	0,90 <sup>a</sup>	±0,09	2,23 <sup>a</sup>	±0,22
	KON	75,5	±0,4	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	1,67 <sup>a</sup>	±0,06	0,89 <sup>a</sup>	±0,03	0,78 <sup>ab</sup>	±0,04	0,23 <sup>b</sup>	±0,03
	MEL	76,0	±0,5	6,1 <sup>c</sup>	±0,0	1,61 <sup>a</sup>	±0,03	0,89 <sup>a</sup>	±0,01	0,72 <sup>b</sup>	±0,02	0,21 <sup>b</sup>	±0,01
	MSB	74,9	±0,2	6,2 <sup>b</sup>	±0,0	1,11 <sup>b</sup>	±0,09	0,55 <sup>c</sup>	±0,05	0,55 <sup>c</sup>	±0,09	0,27 <sup>b</sup>	±0,02
	MSB+MEL	75,0	±0,7	6,1 <sup>c</sup>	±0,0	1,02 <sup>b</sup>	±0,07	0,52 <sup>c</sup>	±0,04	0,49 <sup>c</sup>	±0,06	0,29 <sup>b</sup>	±0,03

\* extrahierbare kondensierte Tannine; ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Silagevarianten einer Sorte im definierten TS-Bereich



#### 4.2.2.4.3 Auswirkungen verschiedener Milchsäurebakterienpräparate auf die mögliche Reduzierung antinutritiver Substanzen im Silierprozess

##### Alkaloide

In den eigenen Untersuchungen wurden beispielhaft die Bitterlupine 'Azuro' und die Süßlupine 'Bora' in Hinsicht auf den Alkaloidgehalt in Silagen aus Körnerschrot geprüft (Tab. 51).

Tab. 51: Alkaloidgehalte im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Lupinenschrot (34 Tage Lagerung; n = 3)

Variante	Blaue Bitterlupine ('Azuro')				Blaue Süßlupine ('Bora')			
	TS		Alkaloid (gesamt)		TS		Alkaloid (gesamt)	
	[%]	±	[% TS]	±	[%]	±	[% TS]	±
ASM	64,98	±0,42	2,289	±1,089	64,49	±0,20	0,094	±0,069
KON	63,00	±0,49	2,244	±0,270	62,05	±0,08	0,028	±0,005
MEL	64,02	±0,54	2,249	±0,463	61,67	±0,34	0,030	±0,008
MSB1	63,76	±0,04	1,889	±0,188	62,18	±0,08	0,024	±0,006
MSB2	64,61	±0,27	2,206	±0,410	62,95	±0,13	0,028	±0,012
MSB3	63,48	±0,48	1,876	±0,102	61,96	±0,08	0,023	±0,001
MSB1+MEL	64,50	±0,06	3,955	±0,180	63,39	±0,29	0,029	±0,002
MSB2+MEL	65,88	±0,59	1,959	±0,264	63,82	±0,36	0,025	±0,002
MSB3+MEL	64,18	±0,29	3,808	±0,149	63,06	±0,27	0,028	±0,006

Alkaloid (gesamt): externer Standard bei Messung mit GC-MS: Lupanin und Spartein; ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB1–3: Zusatz Milchsäurebakterien (MSB1: *Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM; MSB2: *Lb. plantarum*,  $1 \cdot 10^5$  Kbe/g FM; MSB3: *Lb. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM); TS: Trockensubstanz

Während durch die Zugabe von MSB 1 und 3 der Alkaloidgehalt der Bitterlupine tendenziell reduziert werden kann, hat der Einsatz von MSB 2 keinen Effekt auf den Alkaloidgehalt. Durch den zusätzlichen Einsatz von Melasse in Kombination mit MSB 1 oder 3 wird der bei alleinigem Zusatz beobachtete Effekt wieder aufgehoben. Aufgrund der minimalen Differenzen der Alkaloidgehalte zwischen dem unsilierten Körnerschrot und den Silagen kann bei der Süßlupinensorte 'Bora' eine Reduzierung durch den Silierprozess nicht bestätigt werden.

##### Oligosaccharide

Die Anhangstabelle A91 zeigt die Galactose- und Saccharosegehalte sowie Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern und in Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot.

Insgesamt ist eine deutliche Reduzierung der Oligosaccharide durch den Silierprozess ersichtlich ( $p < 0,05$ ). Verbascose wird in den Modellsilagen nicht mehr nachgewiesen und auch die Gehalte an Stachyose und Raffinose sind bis auf wenige Ausnahmen vollständig abgebaut. Die Saccharosegehalte sind ebenso deutlich reduziert ( $p < 0,05$ ). In Zusammenhang mit der Zugabe verschiedener MSB-Präparate ist die Silierung sicherlich hinsichtlich der Effektivität und des zeitlichen Ansäuerungsverlaufes beeinflusst worden, so dass bei Zugabe vom MSB-Präparat 1 der endgültige Konservierungsstatus wahrscheinlich zeitiger erreicht wurde und demnach die höheren Galactosegehalte zu erklären sind. Auswirkungen der Melassezugabe sind innerhalb der Zuckerfraktionen in den Silagen nicht unmittelbar erkennbar.

### Phytat-Phosphor

Um eine vorläufige Antwort auf die Frage zu erhalten, ob im Fermentationsverlauf oder durch den Einsatz von Milchsäurebakterien die Phosphorverfügbarkeit in der resultierenden Silage verbessert werden kann, wurden beispielhaft die Modellsilagen der Lupinensorte 'Bora' auf ihre Gehalte an Gesamt-Phosphor und Phytat-P analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 52 aufgeführt. Signifikante Veränderungen konnten nicht festgestellt werden, weder im Vergleich zum Ausgangsmaterial noch zwischen den verschiedenen Präparaten.

Tab. 52: Gesamt-Phosphor und Phytat-Phosphor sowie Anteil des Phytat-Phosphors am Gesamt-Phosphor im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot der Blauen Süßlupine 'Bora' (34 Tage Lagerung; n = 3)

Variante	TS		pH-Wert		Gesamt-Phosphor		Phytat-Phosphor		Phytat-Phosphor am Gesamt-Phosphor	
	[%]				[% TS]				[%]	
ASM	64,49	±0,20	5,78 <sup>a</sup>	±0,00	0,50	±0,01	0,21	±0,02	42,22	±4,05
KON	62,05	±0,08	4,31 <sup>b</sup>	±0,12	0,48	±0,01	0,19	±0,02	39,85	±3,41
MEL	61,67	±0,34	4,33 <sup>b</sup>	±0,15	0,48	±0,01	0,18	±0,02	38,31	±6,19
MSB1	62,18	±0,08	4,09 <sup>c</sup>	±0,01	0,48	±0,01	0,20	±0,02	41,01	±4,02
MSB2	62,95	±0,13	4,09 <sup>c</sup>	±0,01	0,48	±0,02	0,18	±0,02	38,00	±4,67
MSB3	61,96	±0,08	4,18 <sup>bc</sup>	±0,02	0,50	±0,01	0,24	±0,01	47,44	±2,27
MSB1+MEL	63,39	±0,29	4,13 <sup>c</sup>	±0,01	0,48	±0,01	0,19	±0,05	39,02	±10,57
MSB2+MEL	63,82	±0,36	4,13 <sup>c</sup>	±0,01	0,47	±0,02	0,19	±0,02	40,69	±3,33
MSB3+MEL	63,06	±0,27	4,20 <sup>bc</sup>	±0,01	0,48	±0,01	0,19	±0,03	38,30	±6,32

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB1–3: Zusatz Milchsäurebakterien (MSB1: *Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM; MSB2: *Lb. plantarum*, 1\*10<sup>5</sup> KBE/g FM; MSB3: *Lb. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM); TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Silagevarianten

### Phenole und Tannine

Nach Literaturrecherche ist der Abbau kondensierter Tannine für eine Vielzahl von Vertretern des natürlichen epiphytischen Bakterienbesatzes nachgewiesen worden (DESCHAMPS *et al.* 1980; KOSTINEK *et al.* 2005). Ziel des Screenings war es daher, die Leistungsfähigkeit des natürlichen epiphytischen Bakterienbesatzes sowie der verschiedenen eingesetzten MSB-Präparate hinsichtlich der Reduzierung der Phenol- und Tanninfraktionen vergleichend zu prüfen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 53 zusammengefasst. Der Tanningehalt im lagertrockenen Körnerschrot von Ackerbohnen und Erbsen lag nicht in der erwarteten Höhe vor. Dennoch konnte während der Vergärung eine effektive Reduzierung der Gesamtphenol- und Tanninfraktionen erzielt werden (p < 0,05). In den jeweiligen Silagen ohne Zusätze wurde der Gesamtphenolgehalt um 49 %, der Anteil Tanninphenol um bis zu 90 % und die Fraktion der kondensierten Tannine um bis zu 78 % reduziert, was einen Abbau von Tanninen bereits durch den natürlichen epiphytischen Besatz im Silierprozess vermuten lässt. Die alleinige Zugabe von Melasse bewirkte bei den kondensierten Tanninen eine weitere, signifikante Verminderung der Gehalte gegenüber der Kontrollvariante (p < 0,05).

Den tendenziell größten Effekt auf die Reduzierung der Gehalte an Gesamtphenolen, Tanninphenolen und kondensierten Tanninen hatte der Einsatz der MSB-Präparate, wobei sich diese im Umfang ihrer Wirkung jedoch nicht voneinander unterschieden. Der Effekt konnte durch den kombinierten Einsatz von MSB und Melasse nicht weiter gesteigert werden.

Tab. 53: Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtem Körnerschrot der Ackerbohnsorte 'Limbo' und der Erbsensorte 'Lisa' (34 Tage Lagerung; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		Gesamtphenole		Nicht-Tanninphenole		Tanninphenole		kondensierte Tannine*	
		[%]						[% TS]					
Ackerbohne 'Limbo'	ASM	65,3	±0,4	6,3 <sup>a</sup>	±0,0	1,34 <sup>a</sup>	±0,01	0,57 <sup>a</sup>	±0,01	0,77 <sup>a</sup>	±0,02	1,72 <sup>a</sup>	±0,02
	KON	64,8	±0,0	4,3 <sup>c</sup>	±0,1	0,70 <sup>b</sup>	±0,04	0,58 <sup>a</sup>	±0,04	0,11 <sup>c</sup>	±0,02	0,45 <sup>b</sup>	±0,07
	MEL	65,3	±0,0	4,5 <sup>b</sup>	±0,1	0,72 <sup>b</sup>	±0,09	0,50 <sup>b</sup>	±0,05	0,22 <sup>b</sup>	±0,07	0,35 <sup>c</sup>	±0,02
	MSB1	65,5	±0,1	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	0,50 <sup>cd</sup>	±0,02	0,52 <sup>b</sup>	±0,02	0,00 <sup>ef</sup>	±0,04	0,27 <sup>def</sup>	±0,03
	MSB2	66,4	±0,1	4,1 <sup>cd</sup>	±0,0	0,47 <sup>d</sup>	±0,05	0,51 <sup>b</sup>	±0,05	0,00 <sup>f</sup>	±0,02	0,23 <sup>ef</sup>	±0,04
	MSB3	65,3	±0,1	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	0,53 <sup>c</sup>	±0,03	0,52 <sup>b</sup>	±0,01	0,01 <sup>ef</sup>	±0,02	0,30 <sup>cd</sup>	±0,06
	MSB1+MEL	65,5	±0,2	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	0,45 <sup>d</sup>	±0,03	0,40 <sup>c</sup>	±0,03	0,05 <sup>de</sup>	±0,06	0,22 <sup>f</sup>	±0,02
	MSB2+MEL	64,9	±0,0	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	0,46 <sup>d</sup>	±0,02	0,42 <sup>c</sup>	±0,05	0,04 <sup>def</sup>	±0,05	0,24 <sup>ef</sup>	±0,03
	MSB3+MEL	65,1	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	0,49 <sup>cd</sup>	±0,02	0,44 <sup>c</sup>	±0,06	0,05 <sup>d</sup>	±0,06	0,28 <sup>de</sup>	±0,06
Erbsen 'Lisa'	ASM	63,2	±0,6	6,3 <sup>a</sup>	±0,0	0,96 <sup>a</sup>	±0,07	0,36 <sup>c</sup>	±0,09	0,59 <sup>a</sup>	±0,06	1,78 <sup>a</sup>	±0,08
	KON	61,9	±0,6	4,4 <sup>b</sup>	±0,2	0,49 <sup>b</sup>	±0,06	0,44 <sup>a</sup>	±0,02	0,06 <sup>bcd</sup>	±0,04	0,40 <sup>b</sup>	±0,09
	MEL	62,2	±0,5	4,3 <sup>bc</sup>	±0,0	0,46 <sup>b</sup>	±0,04	0,37 <sup>bc</sup>	±0,04	0,09 <sup>bc</sup>	±0,06	0,24 <sup>def</sup>	±0,03
	MSB1	62,5	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,38 <sup>cd</sup>	±0,03	0,42 <sup>ab</sup>	±0,01	0,00 <sup>c</sup>	±0,03	0,20 <sup>f</sup>	±0,02
	MSB2	63,6	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,34 <sup>d</sup>	±0,05	0,37 <sup>bc</sup>	±0,01	0,00 <sup>de</sup>	±0,05	0,27 <sup>de</sup>	±0,05
	MSB3	62,1	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,46 <sup>b</sup>	±0,02	0,42 <sup>ab</sup>	±0,01	0,04 <sup>cde</sup>	±0,01	0,35 <sup>bc</sup>	±0,07
	MSB1+MEL	62,6	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,36 <sup>cd</sup>	±0,02	0,30 <sup>de</sup>	±0,01	0,07 <sup>bc</sup>	±0,02	0,24 <sup>def</sup>	±0,01
	MSB2+MEL	61,9	±0,9	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	0,35 <sup>cd</sup>	±0,04	0,26 <sup>c</sup>	±0,01	0,10 <sup>b</sup>	±0,04	0,21 <sup>ef</sup>	±0,02
	MSB3+MEL	62,5	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	0,40 <sup>c</sup>	±0,06	0,32 <sup>cd</sup>	±0,08	0,08 <sup>bc</sup>	±0,05	0,30 <sup>cd</sup>	±0,05

\*extrahierbare kondensierte Tannine; ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB1–3: Zusatz Milchsäurebakterien (MSB1: *Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM; MSB2: *Lb. plantarum*, 1\*10<sup>5</sup> KbE/g FM; MSB3: *Lb. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM); TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

## 5 Diskussion

### 5.1 Futterwertpotenzial von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern

#### 5.1.1 Nutritive Futterwertparameter

Die Rohnährstoffgehalte gemäß der Weender Futtermittelanalyse bestätigen nach den eigenen Untersuchungsergebnissen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner als ein hochwertiges Futtermittel, insbesondere durch die wertbestimmenden Rohprotein-, Stärke- und Fettfraktionen. Qualitätsverluste durch die Ernte mit Restfeuchtegehalten bis 35 % sind nicht erkennbar. Pflanzenphysiologisch erfolgt die Einlagerung von Stärke und Protein bereits vor Erreichen der Gelb- bzw. Teigreife (THAYSEN 2009a). Im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot weisen Körner der heimischen Ackerleguminosen einen geringeren Gehalt an Rohprotein auf (SMULIKOWSKA & CHIBOWSKA 1993; ALLOUI *et al.* 1994; BASTIANELLI *et al.* 1998; PETERSON 1998; FLIS *et al.* 1999). Lupinen haben gegenüber Ackerbohnen und Erbsen die höchsten Proteingehalte.

Durch einen geringen Tryptophangehalt bzw. vergleichsweise niedrige Mengen an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin, Cystin) wird die Proteinqualität zwar gemindert (GATEL 1994), unter dem Aspekt der bedarfsgerechten Proteinversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere sind die Samen einheimischer großkörniger Leguminosen dennoch als Alternative zu Sojaextraktionsschrot in Getreiderationen anzusehen. Der Einsatz von Leguminosen erscheint aufgrund der hohen Lysingehalte in Kombination mit anderen Eiweißträgern, wie dem methioninreichen, aber lysinarmen Getreide, in der Schweinefütterung durchaus sinnvoll (JEROCH 1993). Angesichts der relativ hohen Werte an Lysin ist bei Lupinenkörnern das Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren zueinander entsprechend dem Bedarf von Mastschweinen nach Einschätzung von ABEL (1996) in der Gegenüberstellung zu Ackerbohnen und Erbsen als ausgeglichener einzustufen. Die gegenüber einschlägigen Tabellenwerken (DEGUSSA 2001) aufgeführten höheren Lysingehalte in Lupinen können durch Untersuchungen von JEZIERNY *et al.* (2010) bestätigt werden. Nach KAMPHUES *et al.* (2004) werden die hohen Arginingehalte in Leguminosenkörnern bestätigt. Arginin ist im Organismus von jungen Schweinen und Geflügel nicht ausreichend synthetisierbar und gilt als semiessenzielle Aminosäure.

Weitere Rohnährstoffe in Ackerbohnen, Erbsen und Lupinenkörnern entsprechen überwiegend den Anforderungen der in der Tierernährung relevanten Kennwerte zur Versorgung mit essenziellen Nährstoffen.

Die Stärkegehalte bei den ausgewählten Lupinensorten erreichen nach eigenen Untersuchungen nur bis zu 2 % der TS und sind gegenüber den DLG-Angaben deutlich geringer, was durch

Untersuchungen von JANSEN *et al.* (2006) bestätigt wird. Nach Angaben der genannten Autoren beruhen die höheren Stärkegehalte in Lupinenkörnern nach DLG aufgrund der gewählten polarimetrischen Stärkebestimmung, bei der Zucker und NSP fälschlicherweise als „Stärke“ klassifiziert werden. Anhand der Stärkebestimmung mittels enzymatischen Aufschlusses können Lupinenkörner theoretisch als stärkefrei bezeichnet werden.

Die analysierten Zuckergehalte (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) in Leguminosenkörnern – vor allem Ackerbohne und Erbse – unterliegen einer ausgeprägten jährlichen Variation. Im Vergleich zu DLG-Angaben wurden geringere Gehalte – vor allem bei Erbsen und Lupinen – ermittelt. Nach eigenen Untersuchungen entsprach der Zuckergehalt ( $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) vorwiegend Saccharose (1,6–3,6 % der TS; analysiert mittels HPLC nach Vorgehensweise in SCHMIDT *et al.* (2005); Anhang A49–A51).

Nach GDALA *et al.* (1997) beinhaltet die NSP-Fraktion in Ackerbohnen und Erbsen bis zu 453 g/kg bzw. 476 g/kg Glucose und in Blauen Süßlupinen nach GDALA & BURACZEWSKA (1997) vorwiegend Galactose (349 g/kg) und Glucose (315 g/kg). KLUGE *et al.* (2002) bzw. PRIEPKE *et al.* (2009) detektierten in der NSP bei Blauen Lupinen 151 bzw. 205 g/kg Galactose und 105 bzw. 187 g/kg Glucose. Galactose ist hauptsächlich als  $\beta$ -Galactan, Rhamnogalactan in den Hauptketten bzw. über Arabinose und Arabinane in den Seitenketten der Zellwandbestandteile enthalten (AL-KAISEY & WILKIE 1992; CHEEHAM *et al.* 1993; Anhang A12–A16). Als  $\alpha$ -Galactose verknüpfte Monosaccharide bildet Galactose den Hauptbestandteil der Oligosacchariden der Raffinose-Gruppe in den Leguminosen. SOSULSKI & CADDEN (1982) detektieren  $\alpha$ -Galactoside (inklusive Raffinose, Stachyose und Verbascose) als den Hauptbestandteil der löslichen Zucker in Ackerbohnen. Diese Aussage kann anhand der eigenen Untersuchungen bei Leguminosen bestätigt werden. Bei Blauen Lupinen wurden nach VAN BARNEVELD (1999) im Korn als freie Zucker 3,4 % Galactose bzw. in der löslichen NSP-Fraktion u. a. 1,3 % Galactose ermittelt. Die Anwesenheit von freier Galactose aus  $\alpha$ -Galactosiden in den untersuchten Körnerleguminosen variiert stark. Freie Galactose ist im Erntegut aus dem Jahr 2005 bis zu 3,1 % in der TS enthalten und stammt vermutlich aus dem Abbau von Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose; PRIEPKE *et al.* 2009). Im Erntegut von 2006 wurde keine freie Galactose in den Körnern ermittelt. Die im Erntegut analysierten Gehalte an freier Galactose sollten nicht überbewertet werden bzw. sollte die aus methodischer Sicht chemisch exakte Zuordnung dieser Fraktion in weiteren Untersuchungen überprüft und der Sachverhalt an sich kausal diskutiert werden. Durch den enzymatischen Probenaufschluss während der Analyse könnte Galactose freigesetzt und als ein HPLC-Artefakt ausgewiesen worden sein. Dennoch steht die ermittelte Fraktion an freier Galactose als

wasserlösliche Kohlenhydratquelle den Milchsäurebakterien im Silierprozess zur Verfügung und wurde entsprechend der siliertechnischen Auffassung zum Zuckergehalt aufaddiert.

Die analysierten Rohfasergehalte stimmen ebenso wie die für NDF, ADF und ADL erhaltenen Ergebnisse weitestgehend mit den Angaben von SMULIKOWSKA & CHIBOWSKA (1993), ALLOUI *et al.* (1994), BASTIANELLI *et al.* (1998) und FLIS *et al.* (1999) überein.

Aus den hohen Fettgehalten in Lupinenkörnern bzw. den hohen Stärkegehalten in Ackerbohnen und Erbsen resultiert ein hoher energetischer Futterwert (Ackerbohne 12,8–13,5 MJ ME<sub>S</sub>/kg TS; Erbse 13,9–14,6 MJ ME<sub>S</sub>/kg TS; Lupine 14,0–15,4 MJ ME<sub>S</sub>/kg TS). Der für Schweine kalkulierte energetische Futterwert von Blauen und Gelben Lupinen (reife, lagertrockene Proben) ist mit ca. 14,3 ME MJ/kg TS etwas höher als bei den DLG-Literaturangaben (13,9 MJ ME/kg TS). Weiße Lupinen erzielen mit 15,4 ME<sub>S</sub> MJ/kg TS die höchsten Energiegehalte. Die Energiegehalte der Blauen Lupinen bei Ernte mit hohen Restfeuchtegehalten rangieren zwischen 14,2 bis 14,8 MJ ME<sub>S</sub>/kg TS. Diese Energiegehalte sind mit Angaben von JEROCH *et al.* (1993), PRIEPKE *et al.* (2009) und LOSAND *et al.* (2003) vergleichbar.

Insgesamt muss angemerkt werden, dass sich Körnerleguminosen trotz ähnlicher botanischer Herkunft in der anteiligen Zusammensetzung der einzelnen Rohnährstoffe und demnach in ihrer Kornqualität und dem resultierenden Futterwert zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Diese Variabilität kann auch durch eigene Untersuchungen anhand der reifen, lagertrockenen und mit hoher Restfeuchte geernteten Leguminosenkörner bestätigt werden. Neben den genetisch bedingten Unterschieden der Nährstoffgehalte bestehen zum Teil erhebliche jährliche Schwankungen, welche aus der Umweltvariabilität resultieren und innerhalb einer Sorte größer ausfallen können als zwischen diesen (ZDUNCZYK *et al.* 1996; MAKKAR *et al.* 1997; WANG & DAUN 2004). SUJAK *et al.* (2006) und BÖHM *et al.* (2007) bestätigen die anhand der eigenen Untersuchungen aufgeführte arten- und sortentypische Variation in Leguminosenkörnern. Zukünftige Ziele in der Züchtung definieren sich somit über die Stabilisierung der Inhaltsstoffe und Ertragsleistung. Dazu gehört die Reduzierung der in Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern vorkommenden antinutritiven Inhaltsstoffe mit leistungsmindernden bzw. gesundheitsgefährdenden Stoffwechselwirkungen, z. B. Alkaloide und Tannine, welche die Verdaulichkeiten bestimmter Rohnährstoffe sowie Aminosäuren erheblich reduzieren können (JONDREVILLE *et al.* 1992; PEREZ & BOURDON 1992).

### 5.1.2 Antinutritive Futterwertparameter

#### Alkaloide

Im Allgemeinen weisen Süßlupinen heute weniger als 0,05 % Alkaloide in der TS auf (GARCIA 1984; JEROCH 1993). Anhand der eigenen Untersuchungen ist die jährliche Variationsbreite der Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen, z. B. den Alkaloiden, bei Lupinen deutlich zu erkennen. Nach ALLEN (1998) und PETERSON (1998) ist die mögliche Schwankungsbreite im Alkaloidgehalt neben der Sorte auch von den Wachstumsbedingungen abhängig. JANSEN *et al.* (2009) beschreiben einen deutlichen Einfluss auf den Alkaloidgehalt durch hohe Temperaturen bei Blühbeginn bis zur Abreife. CHRISTIANSEN *et al.* (1997) vermitteln einen erhöhten Alkaloidgehalt durch Trockenheit in der vegetativen Wachstumsphase. Bei Süßlupinen wurde der kritische Alkaloidgehalt von 0,05 % der TS für die Verfütterung oftmals überschritten. Auch SUJAK *et al.* (2006) geben Schwankungen der Alkaloidgehalte zwischen 0,05–0,24 % der TS an. Die erhöhten Alkaloidwerte im Erntegut könnten zum einen aufgrund der im Anbauversuch bestehenden Trockenheit resultieren. Zum anderen erfolgte entsprechend der Zielstellung dieses Versuchs der Mähdrusch frühzeitig, so dass sich aufgrund der uneinheitlichen Körnerreife vermehrt grüne Lupinenkörner mit höherem Alkaloidgehalt im Erntegut befanden. Demnach sind die Einsatzmengen im Hinblick auf die möglichen Gehaltsschwankungen und unter Einhaltung der tierartspezifischen Einsatzempfehlung zu begrenzen. Die Analyse des Gesamtalkaloidgehaltes bestätigt die hohe Differenz zwischen Süß- und Bitterlupinen. PETERSON (1998) gibt dabei für Bitterlupinen bis 4 % der TS an. Das formulierte Ziel der Saatgutunternehmen liegt in der Züchtung von Sorten mit ausreichender Abwehrkraft, z. B. mit einem höheren Alkaloidniveau in vegetativen Pflanzenteilen, aber einem zuverlässig geringen Gesamtalkaloidgehalt in den Samen.

#### Oligosaccharide

Die Gesamtgehalte an Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) werden für Ackerbohnen mit 3–5 %, bei Erbsen zwischen 4,5–7,5 % und bei Lupinen mit 7–11 % der TS angegeben (WISEMAN & COLE 1988; PIOTROWICZ-CIESLAK *et al.* 1999; MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* 2005). Bei PIOTROWICZ-CIESLAK *et al.* (1999), MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* (2005), KLUGE *et al.* (2002) sowie den eigenen Untersuchungen ist zudem eine erhöhte Varianz der individuellen Oligosaccharidfraktionen festzustellen. Die Summe an  $\alpha$ -Galactosiden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) entspricht in Ackerbohnen durchschnittlich 3,0 %, in Erbsen 5,5 % und in Lupinen 6,6 % der TS. Der Anteil dieser wasserlöslichen, schwer verdaulichen Zucker (DEY 1985) am Gesamtzuckergehalt ( $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose,

Raffinose, Stachyose, Verbascose) entspricht bei Ackerbohnen 35–67 %, bei Erbsen 44–75 % und bei Lupinen 40–76 %.

Auch bei MACRAE & ZAND-MOGHADDAM (1978) und TRUGO (1994) sind z. B. beachtliche Differenzen zwischen Stachyose bzw. Verbascose analysiert worden. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen können durch Literaturangaben nicht immer bestätigt werden (WISEMAN & COLE 1988; CUADRA *et al.* 1994; TROSZYNSKA *et al.* 1995; GDALA *et al.* 1997; BASTIANELLI *et al.* 1998). Bei Ackerbohnen und Erbsen befinden sie sich z. T. im unteren Grenzbereich der Literaturangaben (Tab. 10), was durch die jährliche Variationsbreite begründet werden könnte (ZDUNCZYK *et al.* 1996).

Differenzierte Gehalte an RFO werden bei PIOTROWICZ-CIESLAK *et al.* (1999) mit 6,6–8,6 % (Weiße Lupine), 4,7–11,0 % (Gelbe Lupine) und 4,1–5,3 % der TS (Blaue Lupine) angegeben. KLUGE *et al.* (2002) und JÜRGENS *et al.* (2007) ermittelten insgesamt geringere Gehalte an Oligosacchariden in Blauen Lupinen. Die eigenen Analysenergebnisse untermauern die Aussage der niedrigeren Oligosaccharidgehalte (RFO:  $\Sigma$  Raffinose, Stachyose, Verbascose) der Blauen Lupine. Auch in den Untersuchungen von JANSEN *et al.* (2005) waren die Gehalte an löslichen Kohlenhydraten in Gelben und Weißen Lupinen höher als in Blauen Lupinen, wobei in neuen Stämmen der Blauen Lupine insgesamt relativ niedrige Oligosaccharidmengen festgestellt werden konnten. Dies wird durch Untersuchungen von PRIEPKE *et al.* (2009) bestätigt. Die Stachyosefraktion dominiert generell in Lupinensamen und ist mit durchschnittlich 58 % der RFO bei Blauen Lupinen und bis 83 % der RFO bei Weißen Lupinen enthalten. Der Verbascosegehalt ist hingegen in Gelben Lupinen höher als in Weißen Lupinen. JÜRGENS *et al.* (2007) und PRIEPKE *et al.* (2009) ermittelten in Blauen Lupinen einen relativen Anteil von Raffinose (16 %), Stachyose (54 %) und Verbascose (30 %), was der prozentualen Verteilung an Oligosacchariden der eigenen Untersuchungen entspricht (Raffinose 12–20 %, Stachyose 53–65 % und Verbascose 21–29 % der RFO). Dieses Ranking der Oligosaccharidfraktionen wird von KLUGE *et al.* (2002) bestätigt.

In Erbsensamen sind vor allem Stachyose und Verbascose enthalten. In Ackerbohnen ist ähnlich den Literaturangaben (CERNING *et al.* 1975; RUPEREZ 1998) hingegen Verbascose (ca. 80 % der RFO) ausgeprägt.

### **Phytat-Phosphor**

Die Gehalte an Phytat-P sind bei Ackerbohnen mit 54–68 %, bei Erbsen mit 45–63 % und bei Blauen Lupinen mit 52–64 % am Gesamt-Phosphor angegeben (Tab. 11). In den eigenen Untersuchungen liegen die analysierten Werte etwas unter den in der Literatur angegebenen Daten (PETTERSON 1998; RÖMER 1998; JEROCH *et al.* 1999; SELLE *et al.* 2003; SAUVANT *et al.*



2004; WANG & DAUN 2004; MOSENTHIN & STEINER 2005; STEINER *et al.* 2007). Der phytinsäuregebundene Anteil beläuft sich bei Ackerbohnen mit 46–57 %, bei Erbse mit 43–46 % und bei Lupinen mit 42–53 % am Gesamt-Phosphor. Im Vergleich zum Soja und Weizen weisen die geprüften Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen höhere Gehalte an verfügbarem Phosphor auf (PETTERSON & FAIRBROTHER 1996).

### **Phenole und Tannine**

Zwischen der Blütenfarbe und dem Tanningehalt im Korn besteht bei Ackerbohnen und Erbsen eine Korrelation, wobei bunt blühende Sorten bzw. Sorten mit dunkler Samenhülle höhere Tanningehalte aufweisen als weiß blühende Sorten und damit im Futterwert unterlegen sind (GRIFFITHS 1981; SMULIKOWSKA *et al.* 2001). Dies spiegelt sich auch in den Analyseergebnissen der Phenol- und Tanningehalte der Ackerbohnen- und Erbsenkörner wider. Im Vergleich zu den lagertrockenen Proben sind die Gehalte der Gesamtphenole, Tanninphenole und kondensierten Tannine im Erntegut (tanninreiche Sorten) um bis zu 40 % erhöht. Dies ist mit den jährlichen Schwankungen der Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen zu erklären.

Die Erbsenkörner weisen dabei, wie aus der Literatur bekannt (GRIFFITHS 1981), geringere Tanningehalte als Ackerbohnen auf.

Für die dunkel blühende Erbsensorte 'Lisa' wurden bis 1,4 % Gesamtphenol, 1 % Tanninphenol bzw. 2,4 % kondensierte Tannine in der TS ermittelt. Dieser Wert liegt innerhalb der in der Literatur beschriebenen Spanne. Laut MARQUARD (2000) können Futtererbsen bis zu 2,5 % Tannin enthalten, PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999) beschrieben einen Gehalt an kondensierten Tanninen in Erbsen mit 1,5 % der TS, während IGBASAN *et al.* (1997) in dunkel gefärbten Erbsenkörnern Tanningehalte (gemessen als Catechin-Äquivalent) bis zu 4,1 % in der TS nachwies. Für bunt blühende Erbsensorten geben SMULIKOWSKA *et al.* (2001) Tanningehalte von 0,7–1,2 % bzw. für weiß blühende Erbsen von ca. 0,03 % der TS an. ALONSO *et al.* (2000) ermittelten in Erbsen einen Gehalt an Gesamtphenol von 0,5 g/kg TS und kondensierte Tannine mit 0,24 g/kg TS. In diesem Rahmen bewegen sich auch die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen. Entsprechend den Untersuchungen von VAN DER POEL *et al.* (1992b) und WANG *et al.* (1998) wurden in weiß blühenden Futtererbsen ebenso kaum kondensierte Tannine analysiert.

In Ackerbohnenkörnern wurden 0,9–2,2 % Gesamtphenole, 0,5–1,3 % Tanninphenole und 0,8–2,7 % kondensierte Tannine in der TS ermittelt. Die Ergebnisse liegen durchaus innerhalb der Spannweite der Literaturangaben. So berichtet GRIFFITHS (1981) von bis zu 2,0 % Polyphenol bzw. 0,7 % KT (Catechin-Äquivalent) in der TS im Korn von buntblühenden Ackerbohnen, während ABEL *et al.* (2002) den Anteil an KT (Leukocyanidin-Äquivalent) mit

1,5–3,5 % in der TS ausweisen. MAKKAR *et al.* (1997) teilen allgemein für bunt blühende Ackerbohnsorten 1,5–2,8 % GP, 1,0–2,1 % TP und 1,6–3,5 % KT (Leukocyanidin-Äquivalent) in der TS mit. PEREZ-MALDONADO *et al.* (1999) ermittelten in Ackerbohnen 1,85 % KT in der TS. Große Schwankungsbreiten der Tanningehalte sind auch innerhalb einer Sorte bekannt. Entgegen den eigenen Ergebnissen gaben MAKKAR *et al.* (1997) z. B. für die Sorte 'Scirocco' weitaus höhere Werte an (2,4 % GP; 1,7 % TP und 3,3 % KT in der TS). RÖMER (1998) benannte ähnliche Werte wobei ABEL & GERKEN (2004) 2,6 % KT in der TS dieser Ackerbohnsorte ermittelte.

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, sind für die Gehalte an kondensierten Tanninen sowohl bei Ackerbohnen als auch bei Erbsen höhere Werte als für den Gesamttanningehalt angegeben. Unterschiede in den Analyseergebnissen müssen zum Teil jedoch auch auf die uneinheitlichen Methoden für die quantitative Analyse der einzelnen Tanninfraktionen zurückgeführt werden (MAKKAR *et al.* 1997) und sollten daher unter Vorbehalt interpretiert werden (REED 1995; MAKKAR *et al.* 1999; SCHOFIELD *et al.* 2001).

## 5.2 Silierbarkeit von großsamigen einheimischen Leguminosenkörnern

### 5.2.1 Charakterisierung der chemischen Silierparameter

Eine erfolgreiche Silierung ist von vielen biologischen, physikalischen und chemischen Faktoren wie der Pufferkapazität, dem Gehalt an von Milchsäurebakterien nutzbaren Kohlenhydraten, der Leistungsfähigkeit des epiphytischen Besatzes bzw. der zugegebenen Milchsäurebakterien, dem Wassergehalt etc. abhängig.

Die Kohlenhydratfraktionen werden nach FENLON *et al.* (1995) in Nichtstruktur- und Strukturkohlenhydrate gegliedert. Dabei stehen Strukturkohlenhydrate erst nach Hydrolyse als fermentierbare Substrate zur Verfügung. Für eine sichere Silierung sind die wasserlöslichen und zu Silierbeginn verfügbaren Kohlenhydrate entscheidend. Diese bilden im Siliergut die Energiequelle für die Mikroorganismen und sind für deren Stoffwechselleistung von Bedeutung (MCDONALD *et al.* 1991). Die Körner der untersuchten Leguminosen weisen allerdings geringe und stark schwankende WLK-Gehalte (Zuckergehalte aus Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) auf. Als Richtwert empfehlen GROSS & RIEBE (1974) und WILKINSON (1983) einen Mindestgehalt an Gärsubstrat von 3 % der FM. Für eine ausreichende Milchsäurebildung und sichere Konservierung geben HAIGH & PARKER (1985) 3 % gärfähige WLK in der TS an. Diese Zuckergehalte werden in Körnerleguminosen nur bedingt erreicht (Ackerbohne: 1,6–5,4 %; Erbsen: 1,6–5,0 %; Blaue Lupinen: 2,9–5,7 % Zucker in der TS).

Das Ansäuerungsvermögen des Siliergutes wird über die Parameter Zuckergehalt und Pufferkapazität entschieden. Die Pufferkapazität in den untersuchten Leguminosenkörnern ist zu vergleichen mit Angaben der Literatur, bei der diese von Körnern in der Teigreife mit Werten von 4,6 angegeben ist (JEROCH *et al.* 1993).

Der Z/PK-Quotient gibt an, um das Wievielfache der Zuckergehalt im Siliergut größer ist als die zum Ansäuern auf pH 4,0 erforderliche Milchsäuremenge. Zusammen mit der hohen Pufferkapazität im Erntegut ergibt sich in Leguminosenkörnern ein für die Silierung ungünstiger, geringer Z/PK-Quotient (0,5–1,4). Nach siliertechnischem Verständnis wäre in den Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten ein kontinuierlich höherer Zuckergehalt notwendig, um den für optimale Silierbedingungen definierten Z/PK-Quotient von  $> 2$  zu erreichen (WEISSBACH *et al.* 1974). Die Silierbarkeit der Leguminosenkörner ist anhand dieser Vergärbarkeitsparameter – welche auf für Grünfutter entwickelten Zusammenhängen basieren – vorerst als unzureichend einzustufen.

Der Zuckergehalt ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) wurde zum einen als ein den Futterwert bestimmender Parameter ermittelt. Unter Zucker wird bei der Silierung die Gesamtheit der durch Milchsäurebakterien nutzbaren wasserlöslichen Kohlenhydrate (WEISSBACH 1968) verstanden. Der zur Schätzung der Silierbarkeit herangezogene Zuckergehalt aus Fructose, Glucose, Saccharose und Galactose beinhaltet hingegen nicht alle fermentierbaren Kohlenhydrate, so dass ein direkter Vergleich mit Literaturwerten, die die vergärbaren Kohlenhydrate summarisch mit der Anthronmethode qualifiziert haben, nicht möglich ist. Die Formulierungen zur Silierfähigkeit von Körnerleguminosen stützt sich auf die für Grünfutter modellierten Zusammenhänge, wobei das wissenschaftliche Verständnis darauf beruht, dass in erster Linie Fructose, Glucose, Saccharose und Galactose von den meisten Milchsäurebakterien verstoffwechselt werden können. Weitere vergärbare Kohlenhydrate (Oligosaccharide, Arabinose, Fructosane), wurden bei der gewählten Zuckeranalyse mittels HPLC – analysiert nach Vorgehensweise in SCHMIDT *et al.* (2005) – vorerst nicht berücksichtigt.

Hingegen wird für die Einschätzung der Vergärbarkeit bei der bisher verwendeten Anthronmethode davon ausgegangen, dass zum größten Teil die Fraktion der kaltwasserlöslichen und vergärbaren Kohlenhydrate photometrisch gegen einen Glucose-Standard gemessen wird (YEMM & WILLIS 1954; WEISSBACH 1968). Nach allgemeiner Auffassung enthält der im Rahmen der Invertzuckeranalyse ermittelte Zuckergehalt auch die wasserlöslichen Oligosaccharidfraktionen. Diese Methode wird in anderen Publikationen zur Silierbarkeit zwar noch häufig verwendet (WEISS 2000), weist hingegen aber keine einzelnen Zuckerfraktionen aus und der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten kann nur als summarische Größe bestimmt

werden, wobei die Genauigkeit der Analytik Grenzen gesetzt sind, da die einzelnen Fraktionen dem Glucose-Standard gleichgesetzt werden und der ermittelte Zuckergehalt ein Analogieschluss aus der erstellten Eichreihe darstellt. Es können nur Vermutungen zum Zuckergehalt und zu -fraktionen erstellt werden. Andere vermutlich fermentierbare höherpolymere Kohlenhydratfraktionen wie höherkettige Oligosaccharide (> Verbascose), die auch Galactose enthalten, können möglicherweise nicht definiert werden bzw. ist der Umfang der im Gärverlauf zu leicht löslichen Kohlenhydraten abbaubaren und als Gärsubstrat nutzbaren höherpolymere Kohlenhydrate derzeit nicht sicher zu beurteilen (WEISS 2000).

Die Werte des Z/PK-Quotienten, ermittelt auf Basis der Summe aus Fructose, Glucose, Saccharose und Galactose, erlauben durchaus eine gärbiochemische Bewertung eines Substrates, sind aber mit ihren nominellen Werten nicht mit denen der Anthron-Methode vergleichbar und in ihrer Aussage zur Silierbarkeit eingeschränkt, da nicht alle fermentierbaren Kohlenhydrate erfasst werden. Demnach könnten aus den Daten der unterschiedlichen Zuckerbestimmung (HPLC, gravimetrisch, Anthron-Methode) gegensätzliche Schlussfolgerungen zur Silierbarkeit von Körnerleguminosen resultieren (Tab. 54).

Um die fermentierbaren Kohlenhydrate mit der HPLC-Methode besser zu quantifizieren, wurden die nach SCHMIDT *et al.* (2005) und KLUGE *et al.* (2002) ermittelten Zuckerfraktionen ( $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) sowie die Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) aufsummiert (Tab. 54).

Die als ernährungsphysiologisch negativ zu bewertenden Oligosaccharide gelten als mikrobiell fermentierbar und stehen den Milchsäurebakterien als Kohlenhydratquelle zur Verfügung (WEISSBACH 1968; PETERSON 1998). Bei Unterstellung einer 100 %igen Fermentierbarkeit dieser Fraktionen ist eine Aufsummierung der mit der HPLC bestimmten Zuckerfraktionen möglich.

Mit Hilfe des Ansatzes der Aufsummierung einzelner Zuckerfraktionen kann die aus den Untersuchungen erkennbare gute Fermentation der feuchten Leguminosenkörner realitätsnah beurteilt werden. Aufgrund des gegenüber dem Zuckergehalt ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) um 36–49 % höheren Gesamtzuckergehaltes ( $XZ_{RFO}$ ; kalkuliert) wird der Empfehlung von WILKINSON (1983) mit 3 % gärfähigen WLK in der Frischmasse entsprochen. Das Verhältnis zwischen Zucker ( $XZ_{RFO}$ :  $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose, Raffinose, Stachyose, Verbascose) und Pufferkapazität verschiebt sich, so dass die Silierbarkeit der Körner hinsichtlich eines überwiegend hohen Z/PK-Quotienten von  $> 2$  (WEISSBACH *et al.* 1974) als gut einzuschätzen ist (Tab. 54).

Tab. 54: Vergärbarkeitskennwerte von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern (2002/ 2012) und von Leguminosenkörnern geerntet mit unterschiedlichen TS-Gehalten (2005/ 06); Zuckergehalt nach verschiedenen Analysemethoden: Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) nach Anthron-Methode\*<sup>1</sup>, gravimetrische Zuckerbestimmung nach VDLUFA\*<sup>2</sup>, Zuckerbestimmung mittels HPLC\*<sup>3</sup> (analog SCHMIDT *et al.* 2005) und nach Verrechnung der Zuckergehalte\*<sup>3</sup> (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) mit den Gehalten an Oligosacchariden\*<sup>4</sup> (Raffinose, Stachyose, Verbascose) zum Gesamtzuckergehalt\*<sup>5</sup> (XZ<sub>RFO</sub>); n = 3

Sorte Versuch	TS	WLK		XZ <sub>RFO</sub> * <sup>5</sup>		Pufferkapazität		Z <sub>WLK</sub> /PK* <sup>6</sup>		Z <sub>RFO</sub> /PK* <sup>7</sup>			
		[%]	[% TS]	[% TS]	[g MS/100 g TS]	[g MS/100 g TS]	[g MS/100 g TS]	[g MS/100 g TS]	[g MS/100 g TS]				
Ackerbohne	2012	89,9	5,61* <sup>1</sup>	±0,05	-	-	4,08	±0,06	1,38	±0,00	-		
'Limbo'	2002	89,3	±0,1	2,83* <sup>3</sup>	-	5,92	±0,08	5,30	±0,00	0,53	-	1,12	±0,02
	2005	65,5	±0,1	5,33* <sup>3</sup>	±0,09	8,51	±0,09	4,21	±0,11	1,27	±0,01	2,02	±0,03
		75,6	±0,1	5,44* <sup>3</sup>	±0,06	8,36	±0,06	3,97	±0,16	1,37	±0,04	2,11	±0,10
	2006	67,1	±0,2	1,64* <sup>3</sup>	±0,02	4,94	±0,02	2,70	±0,40	0,62	±0,09	1,86	±0,27
		77,0	±0,1	1,62* <sup>3</sup>	±0,01	4,60	±0,01	2,95	±0,50	0,56	±0,09	1,59	±0,25
Erbse	2012	89,0	±0,0	6,12* <sup>1</sup>	±0,08	-	-	4,20	±0,03	1,46	±0,00	-	-
'Lisa'	2012	89,1	±0,0	3,79* <sup>2</sup>	±0,00	-	-	4,01	±0,18	0,95	±0,00	-	-
	2012	89,1	±0,0	2,29* <sup>3</sup>	±0,00	-	-	4,01	±0,18	0,57	±0,00	-	-
	2002	89,9	±0,1	2,32* <sup>3</sup>	-	7,96	±0,11	4,70	±0,00	0,49	-	1,69	±0,02
	2005	64,6	±0,3	5,01* <sup>3</sup>	±0,02	8,99	±0,02	3,97	±0,07	1,26	±0,02	2,26	±0,04
		75,1	±0,1	4,76* <sup>3</sup>	±0,02	9,16	±0,02	3,64	±0,22	1,31	±0,04	2,52	±0,15
	2006	67,2	±0,4	1,91* <sup>3</sup>	±0,01	7,04	±0,01	3,51	±0,12	0,54	±0,02	2,01	±0,07
		76,2	±0,6	1,63* <sup>3</sup>	±0,01	6,60	±0,01	3,54	±0,14	0,46	±0,02	1,87	±0,07
'Phönix'	2012	89,2		7,66* <sup>1</sup>	±0,06	-	-	3,89	±0,01	1,97	±0,00	-	-
	2012	89,2		5,41* <sup>2</sup>	±0,06	-	-	3,89	±0,01	1,44	±0,00	-	-
	2002	90,2		2,32* <sup>3</sup>	±0,00	8,07	±0,01	4,70	±0,00	0,49	±0,00	1,72	±0,00
Blaue Lupine	2012	90,5	±0,0	9,47* <sup>1</sup>	±0,05	-	-	4,43	±0,04	2,14	±0,00	-	-
(süß)	2012	90,7	±0,0	5,79* <sup>2</sup>	±0,00	-	-	3,81	±0,19	1,52	±0,00	-	-
'Borlu'	2012	90,7	±0,0	4,24* <sup>3</sup>	±0,00	-	-	3,81	±0,19	1,11	±0,00	-	-
	2002	91,4	±0,1	4,33* <sup>3</sup>	-	9,82	±0,00	3,60	±0,02	1,20	-	2,73	±0,00
	2005	67,4	±0,0	2,87* <sup>3</sup>	±0,07	9,28	±0,07	4,49	±0,16	0,64	±0,02	2,07	±0,07
		73,9	±0,2	4,89* <sup>3</sup>	±0,05	11,03	±0,05	4,48	±0,13	1,09	±0,01	2,47	±0,06
	2006	65,9	±0,3	3,61* <sup>3</sup>	±0,01	10,82	±0,01	3,97	±0,76	0,93	±0,20	2,80	±0,59
		75,2	±0,2	3,61* <sup>3</sup>	±0,04	11,53	±0,04	4,17	±0,31	0,87	±0,07	2,78	±0,20
'Bora'	2012	90,4	±0,0	8,59* <sup>1</sup>	±0,08	-	-	4,02	±0,03	2,14	±0,00	-	-
	2012	90,5	±0,0	5,34* <sup>2</sup>	±0,00	-	-	3,65	±0,04	1,47	±0,00	-	-
	2012	90,5	±0,0	3,82* <sup>3</sup>	±0,00	-	-	3,65	±0,04	1,01	±0,00	-	-
	2002	90,5	±0,1	4,88* <sup>3</sup>	-	11,75	±0,26	4,10	±0,01	1,19	-	2,87	±0,06
	2005	67,3	±0,1	4,89* <sup>3</sup>	±0,01	11,02	±0,01	4,41	±0,06	1,11	±0,01	2,50	±0,04
		74,6	±0,1	4,74* <sup>3</sup>	±0,04	11,12	±0,04	4,21	±0,10	1,13	±0,02	2,64	±0,07
	2006	66,5	±0,1	3,97* <sup>3</sup>	±0,03	10,12	±0,03	3,24	±0,01	1,23	±0,01	3,13	±0,00
		77,5	±0,2	3,70* <sup>3</sup>	±0,02	10,74	±0,02	2,73	±0,08	1,36	±0,04	3,94	±0,11
(bitter)	2002	90,9	±0,1	3,13* <sup>3</sup>	-	8,70	±0,18	4,10	±0,01	0,76	-	2,12	±0,04
'Azuro'	2005	66,3	±0,1	5,60* <sup>3</sup>	±0,07	11,15	±0,07	4,41	±0,15	1,27	±0,04	2,53	±0,09
		70,9	±0,0	5,29* <sup>3</sup>	±0,02	10,45	±0,02	4,29	±0,08	1,23	±0,01	2,44	±0,03
	2006	66,7	±0,3	3,33* <sup>3</sup>	±0,02	9,84	±0,02	4,74	±0,25	0,70	±0,04	2,08	±0,11
		76,4	±0,2	3,31* <sup>3</sup>	±0,02	9,95	±0,02	4,41	±0,43	0,76	±0,08	2,27	±0,24

\*<sup>1</sup> WLK nach Anthron-Methode; \*<sup>2</sup> Zuckerbestimmung, gravimetrisch nach VDLUFA; \*<sup>3</sup> Zuckerbestimmung mittels HPLC (analog SCHMIDT *et al.* 2005):  $\Sigma$ Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose\*<sup>4</sup>; \*<sup>4</sup> Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002); \*<sup>5</sup> Gesamtzuckergehalt (XZ<sub>RFO</sub>): Zuckergehalte\*<sup>3</sup> und Gehalte an Oligosacchariden\*<sup>4</sup>; MS: Milchsäure; TS: Trockensubstanz; WLK: wasserlösliche Kohlenhydrate ( $\Sigma$  hydrolysierbare Kohlenhydrate); XZ<sub>RFO</sub>: Zucker ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose, Raffinose, Stachyose, Verbascose); Z<sub>WLK</sub>/PK\*<sup>6</sup>: Quotient aus Zucker (WLK) und Pufferkapazität; Z<sub>RFO</sub>/PK\*<sup>7</sup>: Quotient aus Zucker (XZ<sub>RFO</sub>) und Pufferkapazität

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Silierbarkeit von Körnerleguminosen bestätigen die Vermutung des zusätzlichen Vorhandenseins von Gärsubstrat, da trotz des hohen TS-Gehaltes von 65 % die Körnersilagen eine gute Gärqualität aufwiesen und entgegen des zuvor ermittelten geringen Zuckergehaltes ( $\Sigma$  Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) den Milchsäurebakterien

genügend Gärsubstrat aus dem Abbau von Stärke in Glucose-Bausteine und dem Abbau der Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im Silierprozess zur Verfügung stand. Die Zugabe von Melasse als Gärsubstrat war nicht notwendig.

Mit Hilfe der HPLC-Analyse können nicht nur durch entsprechende substratspezifische Standards quantitative und qualitative Aussagen zur Zuckerzusammensetzung getroffen werden, sondern es wird ein direkter Überblick über den Abbau und die Verschiebung der Gehaltsgrößen einzelner Zuckerfraktionen durch den Silierprozess gegeben. Nach 90 Tagen Lagerdauer konnten in den geprüften Silagen noch Restzuckeranteile (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) nachgewiesen werden (Anhang A87–A91), die in unterschiedlichem Ausmaß gegenüber den Gehalten im Ausgangsmaterial ansteigen.

Aus der Auswertung der vorliegenden Silierversuche ergeben sich Hinweise darauf, dass die Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktion in stärkerem Maße zu berücksichtigen ist. Um die quantitative und qualitative Menge an dem für Milchsäurebakterien zur Verfügung stehendem Gärsubstrat besser widerzuspiegeln und um die Vergärbarkeit zu beurteilen, sollten die mittels HPLC ausgewiesenen Oligosaccharidfraktionen zukünftig den Zuckergehalt aus Fructose, Glucose, Saccharose sowie Galactose ergänzen. Die sichere Bestimmung einzelner Zuckerfraktionen mittels HPLC und die Aufsummierung der ermittelten Gehalte kann eine Alternative zur bisher als Standard betrachteten WLK-Bestimmung nach der Anthron-Methode werden. Dazu sind aber weitere Untersuchungen dringend notwendig.

Die Silierbarkeit von Körnerleguminosen kann anhand weiterer Faktoren beurteilt werden. Bei der Silierung von Grüngetreide wird zur Vermeidung von Fehlgärung ein in Abhängigkeit zum Z/PK-Quotienten experimentell ermittelter hoher Mindesttrockensubstanzgehalt ( $TS_{\min} (\%) = 45 - 8 * Z/PK$ ) empfohlen (WEISSBACH *et al.* 1974). Dieser legt die untere Grenze für die Trockensubstanz im Siliergut zur Erzeugung einer anaerob stabilen Silage fest. Bei niedrigeren Trockensubstanzwerten muss mit buttersäurehaltigen Silagen gerechnet werden. Ein erhöhter TS-Gehalt wirkt durch die damit verbundenen erhöhten osmotischen Bedingungen bzw. der niedrigen Wasseraktivität antimikrobiell, indem mikrobielle Stoffwechselfvorgänge vermindert werden und sich so das Maß der notwendigen Ansäuerung zur Vermeidung von Gärschädlingen (Clostridien, Enterobakterien) in das weniger ausgeprägte Aciditätsniveau verschiebt (WIERINGA 1958; Tab. 55).

Tab. 55: Angaben des trocken-substanzabhängigen kritischen pH-Wertes zur Vermeidung von Buttersäurebildung in Silagen (WEISSBACH 1968, WEISSBACH *et al.* 1974, WEISSBACH & HONIG 1997);  $0,0264 * x + 3,675$ ;  $R^2 = 1,0$

Trockensubstanz [%]	20	25	30	35	40	45	50
kritischer pH-Wert für die Stabilität der Silage	4,20	4,35	4,45	4,60	4,75	4,85	5,00

Mit Anhebung des kritischen pH-Wertes und Senkung des Säurebedarfs verändert sich auch der erforderliche Z/PK-Quotient. Der TS-Gehalt in Leguminosenkörnern liegt weit über dem zur Vermeidung von buttersäurehaltigen Silagen empfohlenen Mindesttrockensubstanzgehalt. Demnach kann zur Schätzung der Siliereignung von Leguminosenkörnern unabhängig von dem sehr niedrigen Z/PK-Quotienten (Zucker aus Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) ein Vergärbarkeitskoeffizient ( $VK = TS (\%) + 8 * Z/PK$ ) über dem kritischen Bereich für mögliche Fehlgärung ( $< 45$ ) berechnet werden (SCHMIDT *et al.* 1971; WEISSBACH *et al.* 1974) und das Körnerschrot müsste als leicht silierbar eingestuft werden. Bei einem  $VK > 45$  ist von einer ausreichend schnellen und tiefen pH-Wert-Absenkung und der zuverlässigen Vermeidung von Buttersäuregärung auszugehen (WEISSBACH 1996).

In diesem Kontext muss aber beachtet werden, dass sich die Formulierungen zur Silierfähigkeit von Körnerleguminosen und die Beurteilung der Vergärbarkeitsparameter auf die für **Grünfütter** modellierten Zusammenhänge stützen. Die Eigenschaften des Körnerschrotes unterscheiden sich aber sehr stark von denen der Grünfüttersilagen. Demnach konnten die üblichen DLG-Bewertungsschlüssel für Silagen und Koeffizienten, die sich aus Parametern der chemischen Analyse des Ausgangsmaterials ergeben, nicht ohne Vorbehalt angewendet werden. Vor allem aufgrund der geringen Gehalte an leicht löslichen Kohlenhydraten konnte nicht pauschal angenommen werden, dass der epiphytische Besatz des Körnerschrotes in der Lage ist, ausreichend Milchsäure zu bilden. Aufgrund der chemischen Vergärbarkeitsparameter war anzunehmen, dass es bei TS-Gehalten zwischen 65 % und 75 % zwar zu einer Hemmung der Gärerschädlinge kommt, aber die Milchsäurebildung nicht in jedem Fall sichergestellt ist.

Für die Einschätzung der Silierbarkeit von Körnerschrot sind höchstwahrscheinlich die Restfeuchtegehalte und weitere Vergärbarkeitskenndaten differenziert zum bisherigen Beurteilungsmodell der Gärfähigkeit von Siliergut aus vegetativen Materialien zu bewerten. Bei der Silierung von Leguminosenkörnern im hohen Trockensubstanzbereich könnten die Kenndaten für den Siliererfolg bzw. die Gewichtung der Einflussgrößen verändert vorliegen, so dass die Bewertung der Vergärbarkeitsparameter nach dem bisherigen Verständnis für die Silierung von Grüngut kritisch zu betrachten ist. Demnach müssten die hier getroffenen Aussagen einer unzureichenden Silierfähigkeit des Körnermaterials nur unter Vorbehalt angenommen werden. Im Interesse eines korrekten Beurteilungsmaßstabes der Silierfähigkeit von Leguminosenkörnern wäre die Formulierung eines ergänzenden Modellsystems unter Einbeziehung weiterer Prüfkriterien, wie den osmotischen Verhältnissen (HOEDTKE *et al.* 2005) und der quantitativen und qualitativen Bestimmung weiterer Zuckerfraktionen, in Zukunft angebracht.

## 5.2.2 In-vitro-Untersuchungen zur Prüfung der Vergärbarkeit

### 5.2.2.1 Rostocker Fermentationstest nach PIEPER *et al.* (1989) und ZIERENBERG (2000)

#### Diskussion der pH-Wert-Daten aus dem Rostocker Fermentationstest

Durch eine stündliche Auswertung über den gesamten Inkubationsverlauf im RFT könnte der Zeitpunkt des maximalen pH-Wert-Abfalls besser quantifiziert werden. Zur Modifizierung der RFT-Auswertung wurden die pH-Werte mit Hilfe der Gompertz-Funktion nach HOEDTKE *et al.* (2007) regressionsanalytisch bearbeitet. Durch die Transformation der abfallenden pH-Wert-Kurven wurden logarithmisch ansteigende Kurven für den pH-Wert-Abfall erstellt. Durch Bildung der ersten Ableitung lassen sich Graphen (Abb. 5) erstellen, welche die pH-Wert-Änderung pro Stunde darstellen (GILLE 2004). Anhand der kumulierten pH-Wert-Änderung in Bezug zur Stunde 0 wurde der Zeitpunkt der maximalen Geschwindigkeit in der pH-Wert-Senkung am Wendepunkt bestimmt. Zur Interpretation der Messreihen im RFT können Parameter wie der Zeitpunkt der maximalen pH-Wert-Änderung und der Minimal-pH-Wert kalkuliert werden, welche zur Beurteilung des Gärverlaufs herangezogen werden können. Am Beispiel von Ackerbohnschrot im wässrigen RFT-Ansatz werden in den Tabellen 56 und 57 die Messdaten und kalkulierten Parameter vorgestellt. Die Gompertz-Funktion konnte allerdings nur bei einem fast vollständig abgeschlossenen Ansäuerungsverlauf berechnet werden. Da für die RFT-Varianten mit 12 %iger KCl-Lösung eine leichte Ansäuerung erst sehr spät einsetzte, konnten hierfür keine plausiblen Gompertz-Gleichungen berechnet werden. Eine Verlängerung der Messdauer wäre hierbei anzustreben. Die Daten der Tabellen 56 und 57 bzw. der Abbildung 5 verdeutlichen die positive Wirkung der Zugabe von Milchsäurebakterien hinsichtlich des entscheidenden schnellen und tiefen pH-Wert-Abfalls.

Tab. 56: PH-Werte bei Verwendung von Ackerbohnschrot im Ansatz (aqua dest.) vom Rostocker Fermentationstest, n = 3

Variante	pH-Wert-Messung zur Stunde						
	0	14	18	22	26	38	42
KON	6,28	5,96	5,87	5,63	4,95	4,38	4,31
MEL	6,29	5,93	5,82	5,53	4,79	4,31	4,23
MSB	6,28	5,74	4,64	4,31	4,17	3,95	3,94
MSB+MEL	6,29	5,78	4,74	4,27	4,13	3,91	3,89

KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 %); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM, DSM 8862, 8866)

Tab. 57: Parameter der Gompertz Funktion  $y = a \cdot \exp(-\exp(b-cx))$  zur Berechnung des zeitabhängigen pH-Wert-Abfalls und kalkulierten pH-Werte bei Verwendung von Ackerbohnschrot im Ansatz mit aqua dest. im Rostocker Fermentationstest, n = 3

Variante	pH-Wert Stunde 0	Koeffizienten der Funktion						pH-Wert* <sup>1</sup>	kalkuliert min. pH-Wert
		a	b	c	r <sup>2</sup>	SE	b/c		
KON	6,28	2,21	2,53	0,11	0,990	0,135	21,95	5,56	4,28
MEL	6,29	2,24	2,60	0,12	0,988	0,151	20,89	5,56	4,21
MSB	6,28	2,28	4,77	0,32	0,997	0,086	15,00	5,44	4,00
MSB+MEL	6,29	2,35	4,49	0,29	0,998	0,064	15,32	5,50	3,94

a: max. pH-Wert-Abfall; b/c: max. pH-Wert-Abfall bei Stunde; \*<sup>1</sup> pH-Wert bei Stunde des max. Abfalls; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM, DSM 8862, 8866)



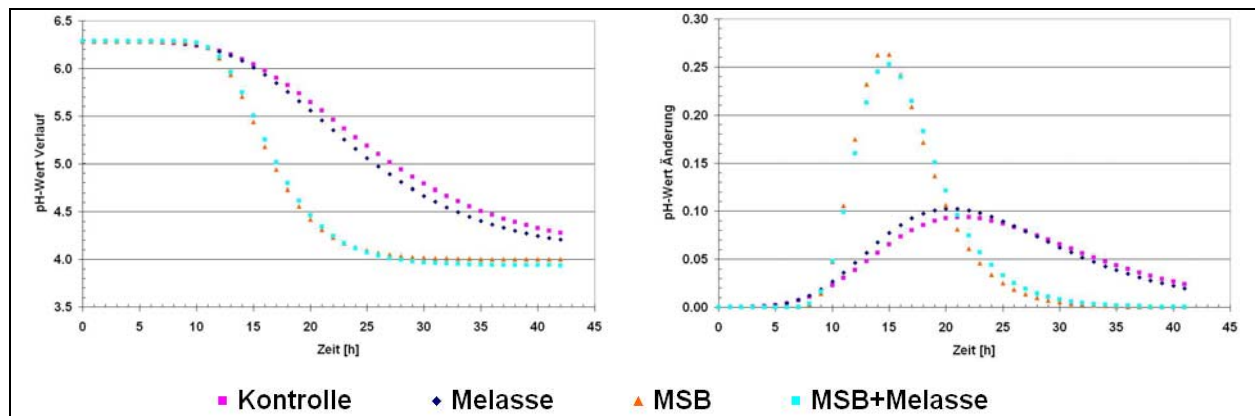


Abb. 5: Kalkulierter pH-Wert-Verlauf und kalkulierte pH-Wert-Änderung pro Stunde im Rostocker Fermentationstest bei Verwendung von Ackerbohnschrot im Ansatz mit aqua dest. und unterschiedlichen Silierhilfsmitteln; Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KbE/g FM, DSM 8862, 8866),  $n = 3$

### Rostocker Fermentationstest mit lagertrockenen und mit feucht geernteten Leguminosenkörnern

#### Extrakt mit aqua dest.

Im Hinblick auf die Siliereignung lassen sich die Ergebnisse des RFT mit lagertrockenen wie auch mit noch feuchten Leguminosenkörnern dahingehend auswerten, dass die hinreichend schnelle, sichere und ausreichend tiefe biologische Säuerung im wässrigen Extrakt (Ansatz in aqua dest.) mit und ohne Silierzusatz bestätigt werden kann. Bis auf wenige Ausnahmen konnte im Extrakt innerhalb von 26 Stunden eine ausgeprägte Acidität (pH-Wert < 5) festgehalten werden. Dieses relativ kurze Zeitintervall kann in der praktischen Silierung als entscheidende anfängliche Gärphase betrachtet werden, bei der durch eine möglichst schnelle pH-Wert-Senkung die Wirkung weiterer unerwünschter Verderbniserreger unterdrückt werden soll. Nach 42 Stunden Inkubation sind in den Filtraten (ohne Silierzusatz) pH-Werte zwischen 3,8–4,4 bzw. Milchsäuregehalte zwischen 3,5–8,6 % der TS und keine oder nur in geringen Mengen Propion- und Buttersäure vorhanden (Anhang A52–A53; A56–A59). Die Zugabe von Melasse ist ohne Osmolalitätsstress (Ansatz mit aqua dest.) dabei nicht notwendig, so dass von ausreichenden Gehalten an fermentierbaren Kohlenhydraten im Siliergut ausgegangen werden kann. Die aufgrund der chemischen Analyse postulierte ungünstige Siliereignung der Leguminosenkörner wird somit bereits durch die Ergebnisse des Rostocker Fermentationstests widerlegt. Bei Zugabe von Milchsäurebakterien erfolgt eine raschere pH-Wert-Absenkung durch ausgeprägte Milchsäurebildung und eine Reduzierung der Bildung unerwünschter Gärprodukte, was auf eine effektive Ausnutzung des vorhandenen Gärsubstrates durch MSB schließen lässt. Die pH-Werte liegen nach 26 Stunden Inkubation bereits unter 4,4 und nach 46 Stunden wurden Milchsäuregehalte von 4,6–10,6 % der TS analysiert (Anhang A52–A53; A56–A59). Somit wird durch den Einsatz von MSB-Impfpräparaten der Gärprozess deutlich gefördert.

Wässriger Extrakt mit 9- bzw. 12 %iger KCl-Lösung

Mit durch Inkubation in KCl-Lösung steigender Osmolalität ist eine verzögerte Ansäuerung bei allen Varianten zu verzeichnen. Die von den Mikroorganismen zu tolerierende Osmolalität bedingt eine maßgebliche Verringerung der Stoffwechselaktivität zu Beginn der Inkubation, die Fermentation setzt zeitlich stark verzögert ein und der Anteil an gebildeten Fermentationsprodukten nimmt ab. Diese Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen von ZIERENBERG (2000) überein, die bei erhöhter Osmolalität eine verzögerte Ansäuerung und eine geringere Milchsäurebildung feststellte. Die Mikroorganismen benötigen einige Zeit, um ihren Stoffwechsel an die Kulturbedingungen anzupassen. So erklärt sich die Lag-Phase zu Beginn der Messung.

In Abhängigkeit vom spezifischen Toleranzvermögen des am Korn anhaftenden Epiphytenbesatzes unterscheidet sich der Fermentationsverlauf im Gegensatz zur Inkubation in aqua dest. zwischen Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen bzw. deren Sorten deutlicher.

Der natürliche Milchsäurebakterienbesatz der Ackerbohnen ('Limbo') weist bei Inkubation im wässrigen Extrakt mit 9 %iger KCl-Lösung eine hohe Osmotoleranz, eine trotz des geringen Zuckeranteils effektive Ausnutzung der vorhandenen fermentierbaren Kohlenhydrate und damit ein höheres Ansäuerungsvermögen durch eine ausgeprägte homofermentative Milchsäurebildung als im Vergleich zu Erbsen und Lupinen auf. Nach 46 Stunden Inkubation liegen die pH-Werte deutlich abgesenkt bei 3,8–4,6 und nach 70 Stunden Inkubation können 6,0–11 % MS in der TS festgestellt werden (Anhang A52, A54, A60–A63). Die Zugabe von Melasse bewirkt keine weitere pH-Wert-Absenkung, ein Hinweis auf ausreichende Gehalte an fermentierbaren Kohlenhydraten für die Milchsäurebakterien.

Das Ausmaß der osmotisch stressinduzierten Leistungsdepression der Milchsäurebakterien wird durch Zugabe von Gärsubstrat bei Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenschrot differenziert kompensiert. Während die Melassezugabe bei Ackerbohnenkörnern keinen bzw. nur einen geringen zusätzlichen (unregelmäßigen) Effekt aufweist, werden bei Erbsen- und Lupinenkörnern sowohl der natürliche Milchsäurebakterienbesatz als auch die MSB des Impfpräparates deutlich in der Stoffwechselaktivität gefördert. Dies lässt darauf schließen, dass bei ausreichend leichtlöslichen Kohlenhydraten der Prozess der Anpassung an den hoch osmotischen Druck beschleunigt werden kann.

Im Gegensatz dazu kann bei Erbsenkörnern nur nach Bereitstellung leicht löslicher Kohlenhydrate das Ansäuerungspotenzial des natürlichen MSB-Besatzes voll ausgeschöpft werden, so dass auch hier nach 46 Stunden Inkubation bereits eine wesentlich tiefere Ansäuerung (pH-Wert < 5) und bei End-pH-Werten von < 4 mindestens Milchsäuregehalte von 7 % der TS festgehalten werden können (Anhang A52, A54, A60–A63).

Auch die zugesetzten Milchsäurebakterien werden bei Einstellung erhöhter Osmolalitäten in der wässrigen Phase des RFT in ihrer Entwicklung gehemmt, verfügen aber über eine höhere Osmotoleranz und physiologische Leistungsfähigkeit. Somit wird durch die Inokulation von Milchsäurebakterien generell eine rasche und ausreichend tiefe Ansäuerung erreicht und der Umfang der Milchsäurebildung intensiviert. Der Einsatz leistungsfähiger Milchsäurebakterien erhöht durch Reduzierung der Nebengärungsprodukte die Sicherheit des Silierprozesses und bedingt eine effektivere Ausnutzung des in den Körnern vorhandenen Gärsubstrates. Bei Zugabe von Milchsäurebakterien ist auch die rascheste Ansäuerung bei Ackerbohnen nachzuweisen.

In 12 %iger KCl-Lösung erreicht jedoch auch die Osmotoleranz der inokulierten MSB ihren Grenzbereich und nur bei ausreichend vorhandenen fermentierbaren Kohlenhydraten (Melassezusatz) kann zum Teil nach längerer Fermentationszeit eine konservierungswirksame Ansäuerung erzielt werden (pH-Werte überwiegend  $< 4,4$  und Milchsäuregehalte nach 70 Stunden Inkubation zwischen 6–9 % der TS; Anhang A52, A55; A64–A67). Der epiphytische Besatz allein zeigt hingegen keine Stoffwechselaktivität mehr.

Da die Gärungsvorgänge durch die Erhöhung der Osmolalität im RFT reduziert wurden und im Silierversuch mit mindestens 65 % TS geernteten Körnern ebenso extreme osmotische Bedingungen erwartet werden, wie sie über die KCl-Lösung im RFT simuliert wurden, ist zur Silierung von Leguminosenkörnern der Einsatz leistungsfähiger MSB zu empfehlen, um die notwendige Ansäuerung in jedem Fall zu gewährleisten und um mit dem frühzeitigen Erreichen des konservierenden Status (rasche pH-Wert-Absenkung, hoher Milchsäuregehalt) unerwünschte Nebengärungen rechtzeitig auszuschließen.

#### **5.2.2.2 Modellsilagen aus mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten**

Nach den biochemischen Grundlagen gilt auch in der Siliertechnologie die Annahme der eingeschränkten mikrobiellen Aktivität bei geringer Wasserverfügbarkeit, wie sie im Siliergut mit  $> 65$  % TS gegeben ist (PAHLOW *et al.* 2003). Allerdings werden in Abhängigkeit von den stammspezifischen osmotischen Regulationsmechanismen unterschiedliche Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*) als hoch osmotolerant ausgewiesen (REHACEK *et al.* 1982; MÜLLER *et al.* 1993). Für das Wachstum von *Lb. plantarum* wurde nach LANIGAN (1963) eine Grenze der Wasserverfügbarkeit von  $a_w = 0,92$  bis  $0,93$  ermittelt. Die Grenze für den Trockenmassegehalt, bei dem noch Wachstum und Stoffwechsel der Milchsäurebakterien ermöglicht wird, liegt um 85 % (MEISSER & WYSS 1999). Bei höherem Trockenmassegehalt ist das Pflanzenmaterial vor aerobem und anaerobem mikrobiellen Abbau geschützt. FLEURAT-LESSARD (2004) ermittelte bei Restfeuchtegehalten ab  $> 18$  % Wasser bakterielle Stoffwechselaktivitäten.

DUSKE (2002), ACOSTA (2004), FRASER *et al.* (2005a, b), PIEPER *et al.* (2006) und MARQUARDT *et al.* (2008) konnten auf qualitativ hochwertige milchsäure Körnerschrotsilagen (pH < 4) im TS-Bereich von > 60 % verweisen. Auch die Ergebnisse der Silierversuche mit Kornmaterial großsamiger Leguminosen im hohen Trockensubstanzbereich bescheinigen, dass durch das im Korn befindliche Restwasser enzymatische Umsetzungen ermöglicht werden.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Modellsilagen aus Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenschrot mit hohen Restfeuchtegehalten kann eine gute Vergärbarkeit festgestellt werden. Unabhängig von der erzielten Acidität in den Silagen spielt die Bildung von Nebengärprodukten generell keine Rolle. Buttersäure bzw. Propionsäure wurden im Silageextrakt nicht nachgewiesen, was auf einen unproblematischen Gärverlauf hinweist und den Konservierungserfolg bestätigt. Nach DLG-Qualitätsschlüssel (2006b) können allen Silagen eine gute Gärqualität zugesprochen werden. Im Zusammenhang mit den geringen Verlusten ist vorwiegend von einer homofermentativen Umsetzung auszugehen. In den *in-vitro*-Versuchen konnte unabhängig von den geringen Mengen an monomeren und dimeren Zuckern (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) im Erntegut ein ausreichender Gehalt an zu Milchsäure vergärbaren Kohlenhydraten nachgewiesen werden. Dieser spiegelt sich in einem vergleichsweise starken Anstieg der Osmolalität während der Inkubation wider. Die Versuchsergebnisse lassen vermuten, dass die Erhöhung des Zuckergehaltes zum Erreichen einer stabilen Silage nicht zwingend erforderlich ist. Die niedermolekularen Oligosaccharide können vermutlich für den Bakterienstoffwechsel zur Milchsäurebildung genutzt werden (TRUGO *et al.* 1990; DUSZKIEWICZ-REINHARD *et al.* 1994).

Die Silierfähigkeit von Körnern der Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen im TS-Bereich von ca. 65 % wird durch den Einsatz biologischer Silierhilfsmittel vor allem durch MSB-Starterkulturen erheblich unterstützt. Aufgrund der hohen Osmotoleranz, Wachstumsintensität und Milchsäurebildungsintensität der in ausreichender Dichte zugesetzten MSB war das Material bereits zum Öffnungstermin nach 5–15 Tagen gut durchsäuert (pH-Wert < 4,4; Tag 15). Demnach ist der Einsatz leistungsfähiger MSB-Starterkulturen zu empfehlen, da er die Sicherheit des Gärprozesses durch frühzeitige und umfangreiche Milchsäurebildung erhöht und die Konzentration von Nebengärprodukten signifikant verringert. Bei der Verwendung von homofermentativen Milchsäurebakterien sind nur geringe Energieverluste zu erwarten, da sie die verschiedenen Kohlenhydrate direkt in Milchsäure umwandeln (MCDONALD *et al.* 1991).

Im Vergleich der im Ernteversuch erzielten **Trockensubstanzstufen** ist ersichtlich, dass die Intensität der Fermentation und Milchsäuregärung sowie die Variation der stofflichen Umsetzungen innerhalb des Silierprozesses in erster Linie vom TS-Gehalt abhängen. So waren

der epiphytische Besatz und die zugesetzten Milchsäurebakterien aller Silageproben bei Trockensubstanzen  $> 70\%$  aufgrund der reduzierten Wasseraktivität als limitierender Faktor in Kombination mit den vorherrschenden Osmolalitäten in ihrer Wachstumsrate und Stoffwechselaktivität soweit beeinträchtigt, dass während der Lagerung von 90 Tagen keine bzw. kaum konservierungswirksame Milchsäure (max.  $0,6\%$  der TS) gebildet wurde. Ab einer Trockensubstanz von  $73\%$  war eine Vergärung im klassischen Sinn nicht mehr möglich und es wurde unabhängig vom Silierzusatz nur eine späte und marginale pH-Wert-Senkung gegenüber den Ausgangswerten erzielt. Die vorherrschenden Osmolalitäten überschritten anscheinend die Wachstumsgrenze der Milchsäurebakterien bzw. die Substratverfügbarkeit war aufgrund der niedrigen Wasseraktivität im realisierten TS-Bereich für mikrobielle Stoffwechselprozesse nicht gegeben. Darauf weisen die insgesamt recht niedrigen Säurewerte und niedrigere Zuckervergärung hin. Vor allem wird die Aktivität von unerwünschten Mikroben unterbunden, da diese bei hohen TS-Bereichen deutlich sensibler gegenüber einer pH-Wert-Änderung reagieren. Zudem wird der im Silo vorhandene Sauerstoff von den Körnern und den an den Körnern anhaftenden Mikroorganismen veratmet, so dass sich der Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration einschränkend auf die Lebensfähigkeit der Mikroorganismen wie Schimmelpilze und Hefen auswirkt (KASPERSSON *et al.* 1988; FÜRLI *et al.* 1992). Anhand der sehr niedrigen Summe an Nebengärprodukten ist die Qualität des Materials insgesamt nicht abzustufen (DLG 2006b). Für die Produktion anaerob stabiler Silagen ist allerdings eine intensive Milchsäuregärung notwendig. Da der anhand des erzielten Fermentationsmusters zu beurteilende Konservierungserfolg weniger auf dem Prinzip der pH-Wert-Senkung und bei einer sehr verhalten ausgeprägten Fermentationsrate eher durch die anaeroben Verhältnisse und die hohen Osmolalitäten begründet wird, ist von einer Konservierung der Körner im TS-Bereich ab  $73\%$  durch luftdichte Lagerung – Konservierung durch Kohlendioxid – auszugehen. Dies entspricht den Ergebnissen bei der Feuchtkörnerleguminosensilierung durch THAYSEN (2009a) und der Konservierung von Feuchtgetreide durch Kohlendioxid in Arbeiten von IDLER *et al.* (1993) und MATTHIASSEN (2007a). Die Milchsäurekonzentration liegt bei Lagerung von Getreidekörnern mit Feuchten bis ca.  $25\%$  selten über  $1\%$  und ist kaum konservierungswirksam. Eine pH-Wert-Absenkung  $< 5$  wird selten erzielt. Allein durch die sich aufbauende Kohlendioxidatmosphäre werden weitere Reaktionen eingeschränkt und das Pilzwachstum gehemmt (ZIMMER 1985). Bei Feuchtigkeitsgehalten von mehr als  $20\%$  findet bei Getreide neben der Kohlendioxidbildung zunehmend eine Milchsäuregärung statt (FÜRLI *et al.* 1992). Bei der Fermentation von Feuchtgetreide tritt die konservierende Wirkung durch ausreichend hohe Milchsäurekonzentrationen erst ab Wassergehalten  $> 30\%$  ein. Hierbei bewirken ausreichende

Milchsäuregehalte von 6–7 % eine tiefe pH-Absenkung auf Werte < 4. BUCHANAN-SMITH *et al.* (2003) geben 25–30 % als einen notwendigen Wassergehalt für die Silierung von Futtergetreide an. Nach PETERSSON *et al.* (1996) sind für eine stabile Milchsäuregärung jedoch Kornfeuchten von 35 % notwendig.

Bei einem geringen Feuchtegehalt der Leguminosenkörner, welcher die aerobe Lagerfähigkeit aber noch nicht gewährleistet, würde das Anfeuchten von Körnerschrot mit Wasser vor der Füllung der Silos eine Alternative für die sichere Silierung bieten.

Nach Auslagerung der Silagen gilt die **aerobe Lagerstabilität** als ein entscheidender Qualitätsparameter von Silagen. Sie hängt neben der Außentemperatur und dem Mikrobenbesatz vor allem von der Gär säurezusammensetzung und dem TS-Gehalt ab. Obwohl vor allem bei Silagen mit einem hohen TS-Gehalt und einem geringen Essigsäuregehalt nach Lufteinwirkung mit dem Wachstum von Hefe- und Schimmelpilzen gerechnet werden muss, kann anhand der aktuellen Untersuchungen der aeroben Stabilität diese Tendenz nicht nachvollzogen werden. Die aerobe Stabilität aller geprüften Körnerschrotsilagen ist als gut herauszustellen. Bis auf wenige Ausnahmen erfolgte in den Silagen innerhalb einer 3-tägigen Lagerung unter Luftzufuhr keine Temperaturerhöhung um mehr als 3 °C. Demnach entsprach die aerobe Stabilität der Silagen den Qualitätsanforderungen nach DLG (2006a). Während die Konservate aus Ackerbohnschrot und der Lupinensorte 'Azuro' bei allen Behandlungsstufen ausnahmslos über 7 Tage aerob stabil waren, verbesserte der Einsatz eines Milchsäurebakterienpräparates das aerobe Stabilitätsverhalten in den Silagen mit 65 % TS.

#### **5.2.2.2.1 Auswirkungen der Silierung auf die Gehalte an nutritiven Inhaltsstoffen**

Eine Verschiebung der Nährstoffgehalte durch den Silierprozess ist im Silierzeitraum bis 90 Tage mit Ausnahme der fermentierbaren Kohlenhydrate nicht ersichtlich. Die Variation der stofflichen Umsetzungen dieser Kohlenhydrate hängt dabei vor allem vom TS-Gehalt ab. Auf die Diskrepanz zwischen den ungünstigen chemischen Silierparametern der Leguminosenkörner (Zuckergehalt, Pufferkapazität) und ihrer praktisch guten Siliereignung ist bereits hingewiesen worden. Eine Erklärung dessen lässt sich aus den Analysenergebnissen der Gesamtzuckergehalte ableiten. Nach 90 Tagen Lagerdauer konnten in allen geprüften Silagen auch bei 65 % TS noch Restzuckergehalte bzw. ein Anstieg des Zuckergehaltes ('Borlu', 'Bora', 'Limbo' 2006) nachgewiesen werden. In Anbetracht der vorliegenden Zuckergehalte in den Silagen, welche in unterschiedlichem Ausmaß gegenüber den geringen Gehalten (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) im Ausgangsmaterial ansteigen, ist hier von einer Nachlieferung mono- und dimerer Zucker aus dem Abbau von Stärke in Glucose-Bausteine und eventuell Oligosacchariden

(Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Saccharose und Galactose im Fermentationsprozess bzw. dem Abbau von Saccharose zu Fructose und Glucose auszugehen.

Die zusätzliche Bereitstellung von Kohlenhydratquellen durch den Abbau von Stärke bei der Vergärung von Ackerbohnen- bzw. Erbsenkörnern mit ca. 65 % TS ist insofern bemerkenswert, als dass Stärke als hochmolekulares Polysaccharid im Gegensatz zu den im Gärprozess vorrangig fermentierten Mono- und Disacchariden von den meisten MSB nicht verwertet werden kann (SEALE 1987). Daher wurde der mikrobielle Stärkeabbau nicht angenommen und eine Veränderung der Stärkegehalte durch die Silierung nicht erwartet. Auch in Silierversuchen von PIEPER *et al.* (2006) mit Maisschrot und Getreide (HACKL *et al.* 2010) wurde ein geringer Stärkeabbau vermerkt. GRANITO *et al.* (2002) beschrieben bei der Fermentation von *Phaseolus vulgaris* ebenso eine Reduzierung von Rohstärke und verdaulicher Stärke um 5–13 % bzw. 10–24 %. In der Literatur der letzten zwei Jahrzehnte finden sich immer wieder Hinweise auf Milchsäurebakterienstämme mit amyolytischer Aktivität. So wurde während der natürlichen Fermentation wiederholt auf die Amylaseaktivität von Mikroorganismen hingewiesen, welche in der Lage sind, Stärke hydrolytisch zu spalten (REDDY & SALUNKHE 1980a; GRANITO *et al.* 2005). Diese sind u. a. den Gattungen *Leuconostoc* und *Lactobacillus* zugeordnet worden (CHAMP *et al.* 1983; LINDGREN & REFAI 1984; ZHANG & CHERYAN 1991; GIRAUD *et al.* 1994; YUMOTO & IKEDA 1995; SANNI *et al.* 2002; KOSTINEK *et al.* 2005). REDDY & SALUNKHE (1980a) berichteten, dass MSB während der natürlichen Fermentation von Linsen die Hydrolyse von Stärke durch Amylasetätigkeit verursachten. Auch VIDAL-VALVERDE *et al.* (1993) und VILLA (1994) beobachteten während der Gärung den Stärkeabbau durch *Lactobacillus*- und *Pediococcus*-Stämme. UMETA & FAULKS (1988) schlussfolgerten, dass die Stärke bei der Getreidefermentation (Teff) als Hauptenergiequelle von Mikroorganismen verwertet wurde. GIRAUD *et al.* (1994) untersuchten einen *Lb. plantarum*-Stamm, der innerhalb von 3 Tagen aus 45 g unbehandelter Stärke 41 g Milchsäure bildete. Dies war jedoch nur der Fall, solange der pH-Wert im Aktivitätsoptimum der Amylase bei pH 6 gehalten wurde. Bei nicht-pH-geregelter Fermentation konnten nur geringe Amylaseaktivitäten und kein Stärkeabbau im Medium nachgewiesen werden. Vor diesem Hintergrund ist die verzögerte pH-Wert-Absenkung in den Leguminosenschrotsilagen als vorteilhaft zu bewerten, da in der anfänglichen Gärphase zur Amylasebildung befähigte MSB-Bakterien die für andere Bakterien nicht verwertbare Stärke als Gärsubstrat nutzen können. Amyolytische Bakterien sind dabei sowohl im epiphytischen Besatz als auch in der verwendeten Starterkultur, die *Lb. plantarum*-Stämme enthält, zu vermuten.

Während der Silierung werden durch die Wirkung pflanzeigener und mikrobieller Enzyme Proteine abgebaut, wobei den Pflanzenenzymen überwiegend proteolytische Aktivität (Abbau

der Proteine zu Aminosäuren) und den mikrobiellen Enzymen desmolytische Aktivität (Abbau der Aminosäuren zu Ammoniak) zuzuschreiben ist (OHSHIMA & McDONALD 1978; McDONALD *et al.* 1991). Milchsäurebakterien gelten allgemein als nicht proteolytisch (McDONALD *et al.* 1991). Solange die Proteolyse nicht in die Desmolyse übergeht, ist im Gegensatz zur Wiederkäuerfütterung die proteolytische Aktivität bei der Silierung von Futtermitteln für die Ernährung monogastrischer Tierarten nicht von Nachteil. Entsprechend dem DLG-Schlüssel (1997) zur Qualitätsbeurteilung von Silagen liegt der  $\text{NH}_3\text{-N}$  am Gesamt-N in den Körnerschrotsilagen mit maximal 2,4 % weit unter dem angegebenen Anteil von maximal 10 % am Gesamt-N. Durch den Einsatz von Milchsäurebakterien werden die Anteile von  $\text{NH}_3\text{-N}$  und  $\alpha\text{-Amino-N}$  am Gesamt-N weiter reduziert.

#### **5.2.2.2 Verdaulichkeit der nutritiven Nährstoffe und energetischer Futterwert**

In Körnerleguminosen mit antinutritiven Inhaltsstoffen (z. B. Tanninen) können die Verdaulichkeiten bestimmter Rohnährstoffe sowie der Aminosäuren erheblich reduziert sein (JONDREVILLE *et al.* 1992; PEREZ & BOURDON 1992; JANSMAN *et al.* 1993; SMULIKOWSKA *et al.* 2001). Durch den Abbau antinutritiver Inhaltsstoffe wie Tannine bzw. die Inaktivierung von Phytat-P oder die Reduzierung flatogener Eigenschaften in fermentierten Leguminosenkörnern könnten bisher chemisch fixierte und für den Organismus unverdauliche Nährstoffanteile metabolisch genutzt werden, so dass in diesem Zusammenhang eine Erhöhung der Nährstoffeffizienz besteht. In Hinsicht auf die Proteinwertigkeit in den Silagen wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass sich die Verfügbarkeit der pflanzlichen Aminosäuren erhöht und physiologisch negativ zu bewertende Proteine (Lektine, Proteaseinhibitoren) selbst der Proteolyse bis zu Peptiden und Aminosäuren unterliegen (TRUGO 1994). In Studien von GRANITO *et al.* (2005) und SHIMELIS & RAKSHIT (2008) wird auf eine bessere Proteinverdaulichkeit bei fermentierten Bohnen (*Vigna sinensis*, *Phaseolus vulgaris* L.) verwiesen und SHEKIB (1988) bzw. HACKL *et al.* (2010) beschreiben eine verbesserte Aminosäureverdaulichkeit von Lysin und Methionin durch milchsäure Fermentation. MARTINEZ-VILLALUENGA *et al.* (2007) registrierten in fermentierten Lupinen einen Anstieg der Gehalte an Asparagin- und Glutaminsäure sowie den meisten essenziellen Aminosäuren gegenüber dem nativen Material. Ihrer Meinung nach könnte in Abhängigkeit der verwendeten Starterkultur der Nährstoffcharakter und die Aminosäurezusammensetzung aufgebessert werden. CAMACHO *et al.* (1991) konnten hingegen eine leichte Abnahme bei Lysin und Methionin aufgrund des Stoffwechsels der Fermentationsmikroorganismen feststellen und bestätigten den Einfluss auf eine bessere Proteinverdaulichkeit nicht.



KAZANAS & FIELDS (1981), TAUR *et al.* (1984), BORALKAR & REDDY (1985) und KHETERPAUL & CHAUHAN (1991) vermerkten bei der Fermentation von Perlhirse, Sorghum bzw. Soja eine Erhöhung der Stärkeverdaulichkeit und vermuteten den Aufschluss der Stärke durch Amylase zu Oligosacchariden bzw. die bessere Stärkeverfügbarkeit aufgrund der Hydrolyse von Phytat-P während der Fermentation (KHETERPAUL 1988). Ungeachtet der zu vermutenden Aufbesserung der Stärkeverdaulichkeit muss die Auswirkung der reduzierten Stärkegehalte von Erbsen- und Ackerbohnschrotsilagen auf den Energiegehalt Beachtung finden. Dabei ändern sich im Vergleich zum Ausgangsmaterial vor allem die Stärkegehalte in den Silagevarianten mit 65 % TS und MSB-Zusatz. Die resultierenden Energiegehalte für Schweine in den Ackerbohnen- und Erbsenschrotsilagen sind dabei um maximal 0,4 bzw. 0,7 MJ ME/kg TS niedriger als im jeweiligen unsilierten Körnerschrot. Aufgrund der unveränderten Roh Nährstoffzusammensetzung in Lupinen ergibt sich für die Silagen keine Veränderung des energetischen Futterwertes.

#### **5.2.2.2.3 Auswirkungen der Silierung auf die Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen**

Die in Leguminosenkörnern enthaltenen antinutritiven Inhaltsstoffe (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat und Tannine) beschränken den Einsatz in der Tierernährung. In der Lebens- und Futtermittelbereitung wird die Fermentation angewandt, um den Nährwert von Hülsenfrüchten zu erhöhen. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Wirkung der milchsäuren Fermentation auf die Gehalte der antinutritiven Inhaltsstoffe. Im Gegensatz zur aufwändigen mechanisch-chemischen Behandlung der Körner bleiben bei der Silierung wertvolle Inhaltsstoffe erhalten. Eine nachträgliche Reduzierung der antinutritiven Inhaltsstoffe über den Fermentationsprozess würde die Verwertungsmöglichkeit von Körnerleguminosen als Tierfutter erweitern. Ausgehend von der Tatsache, dass während des Silierprozesses die in den Körnern vorkommenden pflanzlichen bzw. während der Inkubation gebildeten mikrobiellen Enzyme effektiv wirken (MCDONALD *et al.* 1991), besteht die Annahme, dass die in der wässrigen Phase gelösten bzw. in suspensierter Form vorliegenden sekundären Pflanzeninhaltsstoffe von den Milchsäurebakterien in niedermolekulare Bausteine zerlegt und zu Milchsäure vergoren werden können (CAMACHO *et al.* 1991; REDDY & PIERSON 1994; GRANITO & ALVAREZ 2006).

#### **Alkaloide**

Entgegen den Aussagen von CAMACHO *et al.* (1991) kann anhand der eigenen Versuchsanstellung die Reduzierung des Alkaloidgehaltes durch den Silierprozess nicht eindeutig nachgewiesen werden. Entsprechend den früheren Untersuchungen zur Reduzierung der unerwünschten Alkaloidgehalte, bei denen nur geringe Erfolge hinsichtlich der Reduzierung der Alkaloidgehalte bei der Bereitung von Ganzpflanzsilagen aus Bitterlupinen beschrieben

wurden (HOLZSCHUH & SCHMIDT 1963), ist eine Senkung der Alkaloidgehalte unabhängig vom Silierzusatz kaum ersichtlich. Eine Reduzierung des Alkaloidgehaltes in Lupinenschrotsilagen durch den Silierprozess kann aufgrund der minimal geringeren Werte der Silagen bzw. unregelmäßigen Dynamik der Gehaltsgrößen vorerst nicht angenommen werden. Vermutlich verhalten sich die Substanzen im sauren Milieu der Silage relativ stabil (HOLZSCHUH & SCHMIDT 1963). Eine evtl. Veränderung des toxischen Potenzials der Alkaloide durch den Silierprozess kann im Rahmen dieser Untersuchungen nicht geklärt werden. Ob eine Minderung der Schadwirkung der Alkaloide durch den Silierprozess zu erwartet ist, sollte bei Fütterungsversuchen ermittelt werden.

### **Oligosaccharide**

Neben dem geringen Gärsubstrat in Leguminosenkörnern können im Verlauf der Gärung zusätzliche Mono- und Disaccharide aus dem Abbau von Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) freigesetzt werden, was die Konzentrationen an für Mikroorganismen verfügbaren wasserlöslichen Kohlenhydratquellen erhöht und den Milchsäurebakterien zur Milchsäurebildung dient. Nach 90 Tagen Lagerung sind in den Modellsilagen mit wenigen Ausnahmen kaum Oligosaccharide mehr nachweisbar. Dies begründet die trotz geringer Zuckergehalte gute Silierbarkeit der Leguminosenkörner. Die Annahme der Vergärung von ernährungsphysiologisch negativ zu bewertenden Kohlenhydratoligomeren (Raffinose, Stachyose, Verbascose) zu ernährungsphysiologisch positiv zu beurteilender Milchsäure wird durch die gegenüber dem nativen Erntegut unregelmäßig ansteigenden Zuckergehalte in 90 Tage alten Körnerschrotsilagen bestärkt. Dies wird als Hinweis auf eine Reduzierung des Polymerisierungsgrades der im Wasser gelösten Substanzen gedeutet. Die wasserbindende Eigenschaft von Lupinenschrot konnte durch Milchsäuregärung deutlich verringert werden und es zeigte sich ein vergleichsweise starker Anstieg der Osmolalität während der Inkubation (Anhang A68–A81). Durch die im Silierprozess stattgefundenen Abbauprozesse der höher molekularen Zuckerfraktionen resultiert ein zum Teil höherer Galactosegehalt in den Silagen. Durch den Abbau der Oligosaccharidfraktionen und Reduzierung der flatogenen Eigenschaften ergibt sich eine Verbesserung im Futterwert der Silagen. In Fütterungsversuchen an Absetzferkeln ergab sich ein Vorteil des Einsatzes von Lupinenkornsilage im Vergleich zu lagertrockenen Lupinen (FRANK *et al.* 2009).

### **Phytat-Phosphor**

KAZANAS (1979) publizierte, dass in Sorghum nach 3 Tagen milchsaurer Fermentation der komplexgebundene Phosphor stark reduziert war. Auch in verschiedenen Leguminosen konnten

Phytate während der Fermentation durch MSB reduziert werden (REDDY & SALUNKHE 1980b; MOELJOPAWIRO *et al.* 1987). LOPEZ *et al.* (1983) und SHIMELIS & RAKSHIT (2008) verwiesen auf die mikrobielle Hydrolyse von Phytat während der Fermentation von Bohnen. MAHAJAN & CHAUHAN (1987) und SHIRAI *et al.* (1994) dokumentierten das Einwirken von Milchsäurebakterien auf den Phytat-P und nach Angaben von CAMACHO *et al.* (1991) konnten MSB (*L. buchneri*) den Phytatanteil bei milchsaurer Fermentation von Lupinen verringern.

In den eigenen Untersuchungen konnten keine signifikanten Veränderungen des Phytat-P festgestellt werden. Auch der Gehalt an Gesamt-Phosphor blieb auf gleichem Niveau. Eine umfangreiche Zerstörung von Phytinsäure-Phosphor-Komplexen durch die Silierung fand in den Untersuchungen offenbar nicht statt. Aus der Versuchsanstellung ist nicht ersichtlich, ob dieses Resultat auf fehlende oder zu geringe endogene (pflanzliche) oder mikrobielle Phytaseaktivität und/ oder auf den hohen TS-Gehalt des Siliergutes zurückzuführen ist. FRIAS *et al.* (2003a) und MOSENTHIN & STEINER (2005) wiesen allerdings auf eine im Vergleich zu Getreide zu vernachlässigende Phytaseaktivität in Körnerleguminosen hin. Zusätzlich wirkt die Ansäuerung im Silierprozess dem Optimum der pflanzlichen Phytasen von pH-Werten um 5 entgegen. Es wurde davon ausgegangen, dass die im Rahmen der Fermentation erfolgende biologische Ansäuerung die Bedingungen für die Enzymwirkung mikrobieller Phytasen optimiert, da diese im sauren Milieu bis zu pH-Werten von 2 aktiv sein können (HURRELL 2002; ANGEL *et al.* 2002; LOPEZ *et al.* 2002). Demnach dokumentierten SHIRAI *et al.* (1994) und LOPEZ *et al.* (2000) eine deutliche Reduzierung von Phytat-P durch Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*). Allerdings beschrieben eine Reihe von Autoren, dass die Löslichkeit der Phosphatkomplexe zwar im Wesentlichen durch den pH-Wert beeinflusst wird, aber auch von der Konzentration an Mineralstoffen und der Proteinart abhängt (CHERYAN 1980; SCHEUERMANN *et al.* 1988). Um den Phytatgehalt zu senken, wäre der Zusatz von Enzymen wie Phytase zur Hydrolyse von Phytat und zur Erhöhung des verfügbaren Phosphors in Körnerschrotsilagen möglich (FRIAS *et al.* 2003a).

### **Phenole und Tannine**

Bislang musste auf Zusätze (PVPP) zur Komplexierung der Tannine, das Schälen der Samen oder thermische Behandlungsverfahren zurückgegriffen werden, um Tanningehalte im Pflanzenmaterial zu reduzieren (SIEVWRIGHT & SHIPE 1986; VAN DER POEL *et al.* 1991, 1992a; GRANITO & ALVAREZ 2006). Nach Literaturrecherche ist der Abbau kondensierter Tannine für eine Vielzahl von Vertretern des natürlichen epiphytischen Bakterienbesatzes nachgewiesen worden (DESCHAMPS *et al.* 1980; KOSTINEK *et al.* 2005). In Untersuchungen von SHIMELIS &

RAKSHIT (2008) konnte die Reduzierung des Tanningehaltes durch milchsäure Fermentation um bis zu 47 % bestätigt werden. Anhand der eigenen Untersuchungen konnte während der Vergärung eine effektive Reduzierung der Gesamtphenol- und Tanninfraktionen bereits durch den natürlichen epiphytischen Besatz erzielt werden. Durch den Einsatz von Silierhilfsmitteln können die Effekte nicht unbedingt weiter gesteigert werden. HARTMANN (2003) und ACOSTA (2004) teilen ebenfalls eine rasche Reduzierung der Gehalte an kondensierten Tanninen im Verlauf des Silierprozesses mit. Ein Einfluss der Silierung auf den Gehalt der Nicht-Tanninphenole ist hingegen nicht nachzuweisen. Die Gehalte bleiben im Vergleich zum Ausgangsmaterial nahezu unverändert.

Der Umfang der Reduzierung von Tanninen ist wie andere Stoffwechselfvorgänge vom Wassergehalt im Siliergut abhängig. In den Silagen mit ca. 75 % TS ist die Reduzierung der Tanninfraktionen eher geringer. Aus den Beobachtungen ergibt sich, dass der epiphytische Mikrobenbesatz bei ausreichendem Gärsubstrat in der Lage ist, Tannine im gleichen Umfang wie die zugesetzten MSB zu reduzieren. Im Hinblick auf die Ansäuerung bzw. Milchsäurebildung in den Silagen als Indiz für die Stoffwechselaktivität der MSB muss die Wirkung von durch Milchsäurebakterien gebildeten Tannasen bzw. die Annahme der Polymerisation kondensierter Tannine unter sauren Bedingungen jedoch in Frage gestellt werden, da selbst in Silagen mit geringster Ansäuerung der Gehalt an Gesamtphenol um durchschnittlich 30 % gesunken ist bzw. die kondensierten Tannine um 25–91 % (durchschnittlich 59 %) reduziert wurden. Dieser Sachverhalt lässt eher die Reduzierung durch andere Mikroorganismen bzw. den enzymatisch-oxidativen Abbau in der aeroben Phase zu Beginn der Fermentation vermuten.

Bei der Verfütterung von Silagen aus Ackerbohlen- und Erbsenschrot könnte demnach die Einsatzmenge in der Ration aus Sicht des Tanningehaltes erhöht werden.

### **5.3 Technische Fragestellungen zur Verfahrensgestaltung der Silierung von feuchten Leguminosenkörnern**

Für die optimale Verfahrensgestaltung der Silierung von feuchten Leguminosenkörnern müssen zuvor verschiedene Parameter der Ernte und Erntegutaufbereitung zur Silierung von feuchten Leguminosenkörnern im großtechnischen Maßstab und unter Praxisbedingungen geprüft werden (THAYSEN 2009a, b). So ist bei Getreide (Weizen) ein konventioneller Mähdrusch bei Körnerfeuchten bis 40 % ohne technische Probleme (Dreschverluste, Anteil beschädigter Körner) möglich (GENTA *et al.* 2006). Für den Mähdrusch von feuchten Ackerbohlen-, Erbsen- und Lupinenkörnern sind aber Untersuchungen der technischen Parameter anzuraten. Die für die aktuellen Untersuchungen angebauten Ackerbohlen, Erbsen und Lupinen konnten allerdings mit Kornfeuchten um 35 % ohne technische Probleme gedroschen werden.

Eine weitere Fragestellung ergibt sich zur Erntegutaufbereitung wie dem Schroten oder Quetschen der Leguminosenkörner. Bei Körnermais ist z. B. ein Vermahlen bei Feuchten > 35 % kaum möglich (MATTHIAS & PRIES 2006). Auch bei der Aufbereitung der für die experimentellen Arbeiten benötigten geringen Erntegutmenge wurden verfahrenstechnische Probleme bei der Vermahlung in Abhängigkeit von der Kornfeuchte, aber auch vom Fettgehalt bei Lupinenkörner festgestellt. Körner im TS-Bereich von 75 % konnten durch die zur Verfügung stehende Schlagmühle besser vermahlen werden. Allerdings war die Fermentationsrate in diesen Silagen nicht ausreichend für eine ausgeprägte Durchsäuerung, so dass die erfolgreiche Konservierung und Futterqualität vermutlich über die aerobe Lagerung gewährleistet wurde. Bei zu geringem Feuchtegehalt der Körner bietet sich das Anfeuchten von Körnerschrot mit Wasser vor der Füllung der Silos als eine Alternative für die sichere Silierung an.

Als kostengünstige Alternative zur Einlagerung und Verdichtung im Fahrsilo werden seit Ende der 1960er Jahre Versuche zur Futterkonservierung in Folienschläuchen durchgeführt (STEINHÖFEL & WEBER 2003; THAYSEN 2009a, b). Dabei wird das Siliergut durch eine Spezialmaschine in Folienschläuche eingepresst. Heutzutage ist diese Technik weit verbreitet und wird in Weiterentwicklung zur Einlagerung verschiedener Futtermittel (Gräser, Leguminosen, Getreideganzpflanzen, Pressschnitzel, Biertreber, Lieschkolbenschrot, CCM, Feuchtgetreide und Mais) mit steigender Tendenz eingesetzt (WEBER 2005). Das angesprochene Verfahren wird auch für die Silierung erntefeuchter Leguminosenkörner favorisiert. Diese Art der Einlagerung bietet den Vorteil, dass die Körner in einem Arbeitsgang mit Hilfe der integrierten Walzenmühle gequetscht werden und anschließend das Schrot mit Konservierungszusätzen behandelt, verdichtet und luftdicht eingelagert wird. Durch diese Methode werden eine kurze aerobe Befüllphase und ein zügiger Luftabschluss gewährleistet (STEINHÖFEL 2001).

Ein weiterer Vorteil der Schlauchsilierung liegt in der flexiblen Einsatzmöglichkeit (DURLAND & POHL 2002; WEBER 2005). Im Vergleich zu einer festen Siloanlage entstehen geringe Investitionskosten durch die freie Wahl des Lagerortes. Bei der Schlauchsilierung können auch geringe Erntemengen durch die Wahl des Schlauchdurchmessers luftdicht eingelagert werden. Der durch die kleinen Anschnittflächen bedingte Vorschub verringert das Risiko einer Nacherwärmung (BÜSCHER 2006). Als Nachteil werden die Folienbeschädigung durch Vögel und Nagetiere aufgeführt (STEINHÖFEL 2001).

Aufgrund der hohen Lagerungsdichte, wie sie auch im Körnerschrot bestand, sollte die Entnahme mit fräsenden Geräten vorgenommen werden (RATSCHOW 1986; JUNGBLUTH 1989).

Für die Ableitung von Praxisempfehlungen sollte in experimentellen Untersuchungen überprüft werden, welche technischen Parameter für die optimale Verfahrensgestaltung bei der Silierung von feuchten Leguminosenkörnern in Folienschläuchen erforderlich sind. Für die Gesamtbewertung des Verfahrens sind unter dem Aspekt der Erntegutaufbereitung und Siliertechnologie Fragestellungen zum Feuchtegehalt im Korn in Zusammenhang mit der technischen Vermahlung, der Zerkleinerungsgrad der Körner im Kontext zur Verdichtung, der tägliche Vorschub und die dabei eingesetzte Entnahmetechnik von Interesse. Anschließend müssen die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen dieses Verfahrens für die Praxis aufbereitet werden.

Zur Realisierung eines höheren Anteils heimischer Proteinträger in der Fütterung von Monogastriern müssen die im Rahmen dieser Arbeit erarbeiteten Aussagen zur Futterwert- und Silagequalität unter Praxisbedingungen und in Fütterungs- und Verdaulichkeitsversuchen geprüft werden. Beim Einsatz von feuchter Gerste wurde z. B. auf eine verminderte Mastleistung bei Schweinen gegenüber trockenem Futter aufgrund der Proteinumsetzung während der Lagerung und dem Abbau der limitierenden Aminosäure Lysin hingewiesen (MATTHIESEN 2007b; HACKL *et al.* 2008). Für die bedarfsgerechte Fütterung bei Monogastriern wäre die Aminosäurezusammensetzung und -verdaulichkeit in den Leguminosensilagen zu untersuchen. SKREDE *et al.* (2007) beschreiben eine Verbesserung des Futterwertes aufgrund des Abbaus von NSP während der milchsäuren Fermentation und HACKL *et al.* (2010) dokumentieren eine steigende Aminosäureverdaulichkeit in Getreidekornsilagen. Erste Fütterungsversuche an Absetzferkeln ergaben ebenfalls einen Vorteil des Einsatzes von Lupinenkornsilage im Vergleich zu lagertrockenen Lupinen (FRANK *et al.* 2009).

Hinsichtlich der Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen während der milchsäuren Fermentation sind neben den in der vorliegenden Arbeit untersuchten weitere fütterungsrelevante sekundäre Inhaltsstoffe von Interesse. Neben dem Tanningehalt in Ackerbohnen wirken sich z. B. auch Vicin und Convicin antinutritiv bei der Verfütterung aus. Nach Literaturangaben ist deren Reduzierung über den Fermentationsprozess ebenso möglich (MCKAY 1992).

## 6 Schlussfolgerung

Aus den methodischen Untersuchungen zur Silierung von Körnerschrot der großsamigen Leguminosen mit hohem Restfeuchtegehalt lassen sich anhand der erzielten Ergebnisse folgende wesentliche Schlussfolgerungen ableiten:

1. Aufgrund der hohen Protein- und Energiegehalte stellen Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen ein wertvolles Futtermittel dar. Die Nährstoffgehalte in lagergetrockneten und mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Körnern verschiedener großsamiger Leguminosenarten und -sorten entsprechen überwiegend den Anforderungen an die in der Tierernährung relevanten Kennwerte zur Versorgung mit essenziellen Nährstoffen wie Protein und Aminosäuren, Fett und Fettsäuren, den Faserstoffen sowie dem Energiegehalt.

2. Die Silierbarkeit der Leguminosenkörner ist aufgrund der chemischen Vergärbarkeitsparameter wie dem geringen Zuckergehalt und der hohen Pufferkapazität als ungünstig einzuschätzen. Die ungünstige Silierbarkeit von Körnern großsamiger Leguminosen wird im Rostocker Fermentationstest nicht bestätigt. Der Verlauf der Ansäuerung im RFT und das Gär säurespektrum nach Inkubation lässt auf eine gute Silierfähigkeit des Materials schließen (ausreichend Gärsubstrat und leistungsfähiger MSB-Besatz).

3. Erntefeuchte Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner mit TS-Gehalten von 65 % und 75 % sind problemlos auch ohne den Einsatz von Silierhilfsmitteln konservierbar.

4. Das Prinzip der Konservierung (durch Säurebildung oder CO<sub>2</sub>-Atmosphäre) hängt in erster Linie vom Restfeuchtegehalt ab. Aufgrund der geringen Fermentationsrate (Milchsäurebildung) ist der Konservierungserfolg in Körnerschrotsilagen mit 75 % TS weniger über das Prinzip der pH-Wert-Senkung als durch anaerobe Verhältnisse und hohe Osmolalitäten zu begründen. Die Konservierung der Körner in diesem TS-Bereich erfolgt somit über die anaerobe Lagerung.

Im Hinblick auf die Verfahrenssicherheit sind für die milchsaure Silierung unter Praxisbedingungen Restfeuchten von 35 % im Siliergut zu empfehlen.

Der Einsatz leistungsfähiger Milchsäurebakterienpräparate erhöht die Sicherheit des Gärprozesses und verbessert die aerobe Stabilität der Silagen.

5. Der Einsatz zusätzlicher Zuckerquellen zur Silierung ist nicht notwendig. Körner großsamiger Leguminosen enthalten insbesondere aufgrund der hohen Gehalte an Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) ausreichende Mengen an fermentierbaren Kohlenhydraten.

6. Die Gehalte an nutritiven Futterwertparametern werden mit Ausnahme von Stärke und Zucker durch den Silierprozess nicht beeinträchtigt. So bleibt der hohe Futter- und Energiewert von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen in Körnerschrotsilagen erhalten.

7. Durch die Silierung wird eine teilweise Verbesserung des Futterwertes durch Reduzierung bestimmter antinutritiver Inhaltsstoffe (Oligosaccharide und Tannine) erreicht. Bei den Gehalten an Phytat-P und Alkaloiden (Lupine) konnte keine eindeutige Reduzierung festgestellt werden.

8. Die Silierung von vor der Abreife geernteten Körnerleguminosen mit hohem Restfeuchtegehalt kann als eine geeignete Möglichkeit zur Konservierung empfohlen werden.

9. Die Formulierungen zur Silierfähigkeit von Körnerleguminosen, welche sich aus Parametern der chemischen Analyse des Ausgangsmaterials ergeben, stützen sich auf die für Grünfütter modellierten Zusammenhänge. Aufgrund der sich von Grüngut und Grünfüttersilagen unterscheidenden Eigenschaften des Körnerschrotes können für die Einschätzung der Silierbarkeit die Restfeuchtegehalte und weitere Vergärbarkeitskenndaten nach dem bisherigen Beurteilungsmodell der Gärfähigkeit von Siliergut aus vegetativen Materialien nicht ohne Vorbehalt angewendet werden. Bei der Silierung von Leguminosenkörnern im hohen Trockensubstanzbereich könnten die Kenndaten für den Siliererfolg bzw. die Gewichtung der Einflussgrößen verändert vorliegen. Aus dem erkannten Widerspruch zwischen den chemischen Vergärbarkeitsparametern und der erzielten Gärqualität ergibt sich der Anspruch eines für feuchtes Körnerschrot korrekten Beurteilungsmaßstabes der Vergärbarkeit. Durch die Formulierung eines ergänzenden Systems mit weiteren Prüfkriterien z. B. den osmotischen Verhältnissen (HOEDTKE *et al.* 2005) und quantitativer bzw. qualitativer Erfassung der fermentierbaren Kohlenhydrate könnte die Vergärbarkeit von feuchtem Körnerschrot realitätsnah eingeschätzt werden.



## 7 Zusammenfassung

Körnerleguminosen bieten aufgrund ihrer hohen Protein- und Energiegehalte ein hochwertiges Futtermittel. Durch die uneinheitliche Abreife der Bestände ist zum konventionellen Erntetermin zumeist eine kostenintensive technische Trocknung der Körner notwendig.

Ziel der vorliegenden Arbeit war neben den Untersuchungen zur Siliereignung von feuchten Leguminosenkörnern für die Empfehlung eines preiswerten Konservierungsverfahrens für konventionelle und ökologisch wirtschaftende Landwirtschaftsbetriebe auch die Prüfung einer möglichen Futterwertverbesserung durch die Reduzierung der Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-P, Tannine). Bei durch milchsäure Fermentation nachgelagerter Reduzierung von antinutritiven Inhaltsstoffen, welche für die Pflanze gleichzeitig eine Schutzfunktion vor Krankheitserregern innehaben, könnten sich zukünftige Anbauentscheidungen verstärkt nach der phytosanitären Situation richten.

Die Untersuchungen wurden mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern verschiedener Sorten sowie mit Leguminosenkörnern verschiedener Vegetationsjahre (2005 und 2006) bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) durchgeführt. Entsprechend der Zielstellung wurden u. a. Sorten mit hohen Gehalten an antinutritiven Inhaltsstoffen ausgewählt.

Im Ausgangsmaterial erfolgte die Bestimmung der nutritiven Futterwertparameter, ausgewählter antinutritiver Inhaltsstoffe (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-P, Tannine) und der chemischen Silierparameter.

Anhand des Rostocker Fermentationstestes (PIEPER *et al.* 1989 und ZIERENBERG 2000) und der Bereitung von Modellsilagen (65 % und 75 % TS) erfolgte unter Einsatz verschiedener biologischer Silierzusätze (Milchsäurebakterien, Zuckerrübenmelasse) die Prüfung der Vergärbarkeit von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern. Neben den üblichen Gärparametern wurden die Osmolalität und die aerobe Stabilität sowie die nutritiven und antinutritiven Inhaltsstoffe der Körnerschrotsilagen analysiert.

Im Hinblick auf die Vergärbarkeit von Leguminosenkörnern und den Futterwert der Silagen führten die Untersuchungen zu folgenden **Ergebnissen**:

1. Die analysierten Nährstoffgehalte in lagertrockenen und in mit hohen Restfeuchtegehalten geernteten Leguminosenkörnern bestätigen unter Berücksichtigung der bei den Arten bzw. entsprechenden Sorten zu erwartenden Variationsbreite zwischen den Vegetationsperioden die in der Literatur veröffentlichten Daten. Einheimische Leguminosen wie Ackerbohne, Futtererbse

und Lupinen stellen daher aufgrund ihres hohen Proteingehaltes (Ackerbohne bis 31 % der TS, Erbse bis 27 % der TS, Lupine bis 47 % der TS) und Energiegehaltes (Ackerbohne bis 13 MJ ME/kg TS, Erbse bis 14 MJ ME/kg TS, Lupine bis 15 MJ ME/kg TS) ein wertvolles Futtermittel dar.

2. Die Silierbarkeit von Körnerleguminosen ist aufgrund der chemischen Vergärbarkeitsparameter wie der geringen Konzentration an Zucker als negativ zu bewerten. Zusammen mit dem hohen Proteingehalt, welcher sich puffernd auf die Gärssäuren auswirkt, und der daraus folgenden hohen Pufferkapazität von im Durchschnitt 27–60 g MS/kg TS, ergibt sich ein für die Silierung ungünstiger, geringer Z/PK-Quotient von unter 1 bei Ackerbohnen- und Erbsenkörnern bzw. maximal 1,2 bei Süßlupinen.

3. Anhand der *in-vitro*-Versuche im Rostocker Fermentationstest mit Körnern verschiedener Leguminosenarten und -sorten wird die theoretisch ungünstige Silierbarkeit von Körnern großsamiger Leguminosen nicht bestätigt. Der Verlauf der Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest zeigt eine gute Silierfähigkeit des Materials. Bei Inkubation in aqua dest. setzt eine nennenswerte Säuregradabsenkung relativ früh ein (nach 18–26 h) und es wird unabhängig vom anfänglichen pH-Wert bis Stunde 42 ein End-pH-Wert um 4 erreicht.

Selbst bei hohen Osmolalitäten (9 %ige KCl-Lösung) konnte durch die Zugabe leistungsfähiger Milchsäurebakterien eine in Bezug zur simulierten TS ausreichend tiefe pH-Wert-Absenkung erzielt werden. Bei mit hohen Restfeuchtegehalten geernteten Körnern konnten im RFT relativ schnell eintretende pH-Wert-Absenkungen (Stunde 38) vermerkt werden. In den wässrigen Extrakten mit reifen, lagertrockenen Körnern wurden nach 70 Stunden pH-Werte um 4 bzw. bei erntefrischem Körnerschrot  $< 4$  festgestellt.

Die langsamere Ansäuerung bei den Kontrollvarianten weist im Vergleich dazu auf einen weniger leistungsfähigen epiphytischen Mikrobenbesatz hin. Daneben zeigt sich die begrenzte Fähigkeit des epiphytischen Besatzes, die im Pflanzenmaterial vorhandenen und potentiell fermentierbaren Kohlenhydrate vollständig zu nutzen und unter den gegebenen Bedingungen (hohe Osmolalität) eine umfassendere Ansäuerung herbeizuführen. Dies spiegelt sich auch in den weniger ausgeprägten Milchsäuregehalten am Ende der Inkubation wider.

4. Die erfolgreiche Silierung des auf ca. 65 % TS rückbefeuchteten Körnerschrotes von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen bzw. der mit 35 % Restfeuchte geernteten Körner ist als wesentliches Ergebnis herauszustellen. Das im Körnerschrot befindliche Restwasser ermöglicht enzymatische Umsetzungen.

Nach 34 bzw. 90 Tagen Lagerdauer weisen alle geprüften Silagen in Bezug zum TS-Gehalt hinreichend tiefe pH-Werte auf. Die erzielten Milchsäuregehalte in den Silagen entsprechen überwiegend den nach DLG-Schlüssel geforderten Anteil von > 3 % der TS. Die verderbfreie und somit verlustarme Lagerung wird über den geringen Gärverlust (maximal 2 % der Einwaage), die geringen Alkoholgehalte (< 1 % der TS) und den maximal in Spuren (< 0,07 % der TS) vorhandenen Propionsäure- und Buttersäuregehalten bestätigt.

5. Die mikrobiellen Umsetzungen im Silierprozess sind abhängig vom TS-Gehalt. Aufgrund der reduzierten Wasseraktivität bei Trockensubstanzen um 75 % waren der epiphytische MSB-Besatz sowie die inokulierten Milchsäurebakterien in ihrer Stoffwechselaktivität stark beeinträchtigt. Es konnten nur leichte pH-Wert-Absenkungen um 0,6 (pH-Wert 5,6) und maximal 0,6 % MS in der TS festgestellt werden. Demnach scheint es sich bei der „Silierung“ mit 75 % TS eher um eine Form der konservierenden Lagerung zu handeln. Die Modellsilagen waren lagerstabil, wiesen jedoch kaum nennenswerte Gehalte an Fermentationsprodukten auf, so dass nicht von einer Konservierung durch milchsaure Gärung ausgegangen werden kann.

Im Hinblick auf die Verfahrenssicherheit sind für die Silierung unter Praxisbedingungen im Siliergut Restfeuchten von mindestens 35 % zu empfehlen. Bei zu geringem Feuchtegehalt der Körner bietet sich das Anfeuchten von Körnerschrot mit Wasser vor der Füllung der Silos als eine Alternative für die sichere Silierung an.

6. Auch ohne den Einsatz von Silierhilfsmitteln konnten in jedem Fall organoleptisch einwandfreie Silagen mit geringen Gärverlusten (max. 2 % der Einwaage) und sehr geringen Gehalten an Nebengärungsprodukten (Essigsäure < 1 % der TS, Propion- und Buttersäure < 0,1 % der TS, Alkohol < 1 % der TS) produziert werden. Der Anteil von NH<sub>3</sub>-N am Gesamt-N betrug maximal 2,4 %.

7. Der Zusatz leistungsfähiger Milchsäurebakterien sichert die Silagequalität und aerobe Stabilität der Silagen. Gegenüber dem epiphytischen MSB-Besatz sind die Milchsäurebakterien des zugesetzten MSB-Präparates osmotoleranter und vor allem in der Anpassungsphase der Fermentation in ihrem Stoffwechsel leistungsfähiger. In Körnerschrotsilagen mit 65 % TS werden bereits nach 5 Inkubationstagen pH-Werte deutlich < 5 und Milchsäuregehalte entsprechend den Silagequalitätskriterien von 2,0–3,5 % der FM erzielt (Ausnahme 'Borlu').

8. Zusätzliche Zuckerquellen sind bei Einsatz leistungsfähiger Milchsäurebakterien nicht erforderlich. Leguminosenkörner beinhalten einen ausreichend hohen Gehalt an zu Milchsäure vergärbaren Kohlenhydraten.

**9.** Die Gehalte an nutritiven Futterwertparametern wurden bis auf die Stärke- und Zuckerfraktion durch den Silierprozess nicht verändert.

Bei den untersuchten antinutritiven Inhaltsstoffen zeigen die Untersuchungen zumindest im Hinblick auf den Gehalt an Oligosacchariden und Tanninen eine deutliche Reduzierung und damit eine teilweise Verbesserung des Futterwertes durch den Silierprozess. Zu vermuten ist daher auch eine verbesserte Verdaulichkeit der Nährstoffe. Alkaloide und Phytat-P konnten durch den Silierprozess nicht eindeutig reduziert werden.

**10.** Anhand der Gärqualität und der Inhaltsstoffzusammensetzung von Körnerschrotsilagen kann die milchsaure Fermentation von nicht lagertrocken geernteten Leguminosenkörnern als ein Konservierungsverfahren zur Erzeugung von eiweißreichen Konzentratfuttermitteln ohne zusätzlichen Energieaufwand bestätigt werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- Abel, H.J. und Gerken, M. (2004): Ackerbohnen als Futterkomponente des ökologischen Landbaus für Masthühner-Elterntiere und verschiedene Mastbroilerherkünfte. Bericht, Forschungs- und Studienzentrum für Landwirtschaft und Umwelt, Georg-August-Universität Göttingen  
<http://orgprints.org/8941/1/8941-02OE622-uni-goettingen-abel-2004-ackerbohne.pdf>; Download: 14.08.2012
- Abel, H.J.; Sommer, W. und Weiß, J. (2004): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin  
[http://www.ufop.de/files/3013/4080/9202/RZ\\_Praxisinfo\\_Ackerbohne\\_100604.pdf](http://www.ufop.de/files/3013/4080/9202/RZ_Praxisinfo_Ackerbohne_100604.pdf); Download: 14.08.2012
- Abel, H.J.; Rothenberger, L.G. und Mainka, S. (2002): Ackerbohnen in der Tierernährung. Übersichten zur Tierernährung, 30, 109-133
- Abel, H.J. (1996): Verwendungspotenziale und Probleme. 7. Tierernährung. In: Brinkmann, J. und Abel, H.J. (Hrsg.): Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland. UFOP-Schriften, Heft 3, 161-208
- Acosta, Y.A. (2004): Silierung von Mais- und Sorghumkörnern bei unterschiedlichen Tanningehalten und deren Auswirkung auf den Futterwert. Dissertation, Universität Rostock, unveröffentlicht
- Al-Kaisey, M.T. und Wilkie, K.C.B. (1992): The polysaccharides of agricultural lupine seeds. Carbohydrate Research, 227, 147-161
- Allen, J.G. (1998): Toxins and lupinosis. In: Gladstones, J.S.; Atkins, C.A. und Hamblin, J. (Hrsg.): Lupins as crop plants: biology, production and utilization. CAB International, Cambridge, 411-435
- Alloui, O.; Smulikowska, S.; Chibowska, M. und Pastuszewska, B. (1994): The nutritive value of lupin seeds (*L. luteus*, *L. angustifolius* and *L. albus*) for broiler chickens as affected by variety and enzyme supplementation. Journal of Animal and Feed Sciences, 3, 215-227
- Alonso, A.; Grant, G.; Dewey, P. und Marzo, F. (2000): Nutritional assessment *in vitro* and *in vivo* of raw and extruded peas (*Pisum sativum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, (6), 2286-2290
- Angel, R.; Tamim, N.M.; Applegate, T.J.; Dhandu, A.S. und Ellestad, L.E. (2002): Symposium - Phytic acid chemistry: Influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. The Journal of Applied Poultry Research 11, 471-480
- Anguita, M.; Gasa, J.; Marrtin-Orue und Perez, J.F. (2006): Study of the effect of technological processes on starch hydrolysis, non-starch polysaccharides solubilization and physicochemical properties of different ingredients using a two-step *in vitro* system. Animal Feed Science and Technology, 129; 99-115; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- ANON (Nr. 161/2012 - 30.08.2012 – LU - Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz); Minister Dr. Till Backhaus entwickelt gemeinsam mit Bund Eiweißstrategie;  
[http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal\\_prod/Regierungsportal/de/lm/\\_Service/Presse/Aktuelle\\_Pressemitteilungen/index.jsp?&pid=37105](http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/lm/_Service/Presse/Aktuelle_Pressemitteilungen/index.jsp?&pid=37105); Download: 04.09.2012
- ANON (Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2001a): Angebot und Nachfrage bei eiweißreichen Pflanzen in der EU angesichts der BSE-Krise. Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen, Brüssel, 16.3.2001, SEK (2001) 431
- ANON (Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2001b): Optionen für die Förderung des Anbaus von Pflanzeneiweiß in der Europäischen Union. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament, Brüssel, 16.3.2001, KOM (2001) 148/2
- ANZFA (Australia New Zealand Food Authority) (2001): Lupin alkaloids in Food - a toxicological review and risk assessment. Technical Report, Series 3, Canberra; [http://www.foodstandards.gov.au/\\_srcfiles/TR3.pdf](http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/TR3.pdf); Download: 14.08.2012

- Asquith, T.N. und Butler, L.G. (1986): Interactions of condensed tannins with selected proteins. *Phytochemistry*, 25, 7, 1591-1593
- Aufhammer, W. (1998): Getreide- und andere Körnerfruchtarten: Bedeutung, Nutzung und Anbau. Eugen Ulmer, Stuttgart
- Ayed, L. und Hamdi, M. (2002): Culture conditions of tannase production by *Lactobacillus plantarum*. *Biotechnology Letters*, 24, 1763-1765
- Ayerst, G. (1965): Water activity - its measurement and significance in biology. *International biodeterioration bulletin* 1, 13-24 In: Hoedtke, S. (2008): Die Quantifizierung der Osmolalität in Futterpflanzen und ihre Veränderung in verschiedenen Stadien der Silierung. Dissertation Universität Rostock
- Barampama, Z. und Simard, R.E. (1994): Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *Journal of Food Science*, 59, 833-838
- Bastianelli, D.; Grosjean, F.; Peyronnet, C.; Duparque, M. und Regnier, J.M. (1998): Feeding value of pea (*Pisum sativum* L). 1. Chemical composition of different categories of pea. *Animal Science*, 67, 609-619
- Bate-Smith, E.C. und Swain, T. (1962): Flavonoid compounds. In: Florkin, M. und Mason, H.S. (Hrsg.): *Comparative biochemistry*. Vol. III. Academic Press, New York, 755-809
- Batterham, E.S. (1992): Availability and utilization of amino acid for growing pigs. *Nutrition Research Reviews* 5, 1-18
- Batterham, E.S.; Andersen, L.M.; Lowe, R.F. und Darnell, R.E. (1986): Nutritional value of lupin (*Lupinus albus*) -seed meal for growing pigs: availability of lysine, effect of autoclaving and net energy content. *British Journal of Nutrition* 56, 645-659
- Batterham, E.S.; Murison, R.D. und Lewis, C.E. (1979): Availability of lysine in vegetable protein concentrates as determined by the slope-ratio assay with growing pigs and rats and by chemical techniques. *British Journal of Nutrition* 41, 383-391 In: Brinkmann, J. und Abel, H.J. (Hrsg.): *Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland*. UFOP-Schriften, Heft 3
- Beirão da Costa, M.L.D.M. (1990): Aspects of lupin composition as food. In: Birk, Y.; Dovrat, A.; Waldman, M.; Uzureau, C. (Hrsg.): *Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop on Lupin Production and Bioprocessing for Feed, Food and other Byproducts*. EUR Publication 1990 No. 12641, 94-105
- Bellof, G.; Spann, B. und Weiß, J. (2004): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Erbsen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin  
[http://www.ufop.de/files/3613/4080/8200/RZ\\_Praxisinfo\\_Erbsen\\_100604.pdf](http://www.ufop.de/files/3613/4080/8200/RZ_Praxisinfo_Erbsen_100604.pdf); Download: 14.08.2012
- Bellof, G. und Sieghart, S. (1996): Süßlupinen und Rapskuchen: Eiweißalternativen in der Schweinemast? *DGS Magazin*, 5, 45-49
- Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes (2012): Beschreibende Sortenliste -Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte; [www.bundessortenamt.de](http://www.bundessortenamt.de)  
[http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl\\_getreide\\_2012.pdf](http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_getreide_2012.pdf); Download: 14.08.2012
- Beuchat, L und Nail, B. (1978): Fermentation of peanut milk with *L. bulgaricus* and *L. acidophilus*. *Journal of Food Science*, 43, 1109-1112
- Bhat, T.K.; Singh, B. und Sharma, O.P. (1998): Microbial degradation of tannins - a current perspective. *Biodegradation*, 9, 343-357
- Bickel, A.; Gabel, M. und Friedel, K. (2006): Einfluss der Silierung auf ausgewählte Proteinfractionen. VDLUFA-Kongress, Workshop Futterkonservierung, Freiburg, 19.-22.09.2006, 124
- Birk, Y. (1994): Antinutritional factors (ANFs) in lupins and in other legume seeds. Pros and cons. *Proceedings of the 7th International Lupin Conference*, Évora, Portugal, 424-429

- Birk, Y. und Peri, I. (1980): Saponins. In: Liener, I.E. (Hrsg.): Toxic constituents of plant foodstuffs. 2<sup>nd</sup> edn, vol. 1 ed., Academic Press, New York, 161-182
- Bishnoi, S.; Khetarpaul, N. und Yadav, R.K. (1994): Effect of domestic processing and cooking methods on phytic acid and polyphenol contents of pea cultivars (*Pisum sativum*). Plant Foods for Human Nutrition, 45, 381-388
- Block, H.J. und Weissbach, F. (1982): Zur gaschromatographischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren in Silagen mit innerem Standard. Archiv für Tierernährung, 32, 9, 693-702
- Böhm, H. (2007): Mineralstoffgehalte in Körnerleguminosen und Sommergetreide. In: Zikeli, S.; Claupein, W.; Dabbert, S.; Kaufmann, B.; Müller, T. und Zárate, A. Valle, (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Deutschland, 20.-23. März 2007, <http://orgprints.org/10742/>  
<http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>; Download: 14.08.2012
- Böhm, H.; Aulrich, K. und Berk, A. (2007): Rohprotein- und Aminosäuregehalte in Körnerleguminosen und Getreide. In: Zikeli, S.; Claupein, W.; Dabbert, S.; Kaufmann, B.; Müller, T. und Zárate, A. Valle, (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Deutschland, 20.-23. März 2007, <http://orgprints.org/10742/>  
<http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>; Download: 14.08.2012
- Bond, D.A. (1976): *In vitro* digestibility of the testa of tannins-free field beans (*Vicia faba* L.). The Journal of Agricultural Science, 86, 561-566
- Boralkar, M. und Reddy, S. (1985): Effect of roasting, germination and fermentation on the digestibility of starch and protein present in soy bean. Nutrition Reports International, 31, 4, 833-836
- Bos, K.D. und Jetten, J. (1989): Determination of tannins in faba beans. In: Huisman, J.; van der Poel, A.F.B. und Liener, I.E. (Hrsg.): Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the first International Workshop on Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds, Wageningen, The Netherlands, 23-25 November, 1989; Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 168-171
- Brenes, A.; Marquardt, R.R.; Guenter, W. und Rotter, B.A. (1993): Effect of Enzyme Supplementation on the Nutritional Value of Raw, Autoclaved, and Dehulled Lupins (*Lupinus albus*) in Chicken Diets. Poultry Science, 72, 2281-2293
- Bressani, R. und Elias, L.G. (1979): The nutritional role of the polyphenols in beans. In: Hush, J.H. (Ed.), Polyphenols in cereals and legumes. Proceeding of Symposium IFT. St. Louis, Missouri, pp. 61-68
- Brufau, J.; Boros, D. und Marquardt, R.R. (1998): Influence of growing season, tannin content and autoclave treatment on the nutritive value of near-isogenic lines of faba beans (*Vicia faba* L.) when fed to leghorn chicks. British Poultry Science, 39, 97-105
- Buchanan-Smith, J.; Smith, T.K. und Morris, J.R. (2003): High-Moisture Grain and Grain By-Products. In: Buxton, R.; Muck, R.E.; Harrison, J.H. (Hrsg.): Silage Science and Technology, ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 825-854
- Bucker, R.; Mitchell, J. und Johnson, M. (1979): Lactic fermentation of peanut milk. Journal of Food Science, 44, 1534-1538
- Büscher, W. (2006): Risikomanagement und Entscheidungsfindung aus verfahrenstechnischer Sicht. Tagungsband GKL-Frühjahrstagung 2006, Institut für Landtechnik, Universität Bonn, Sektion Bau und Technik, „Silierung auch bei großen Erntemassen“, KTBL, Darmstadt, 28.-29. März 2006, 2-4
- Butler, L.G. (1981): Polyphenols and their effects on sorghum quality. In: Rooney, L.W.; Morty, D.S. und Martin, J.Y. (Hrsg.): Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. ICRISAT Center, Patancheru, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 28.-31. Oktober, 294-311
- Cabrejas, M.A.M.; Aguilera, Y.; Pedrosa, M.M.; Cuadrado, C.; Hernández, T.; Díaz, S. und Esteban, R.M. (2009): The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. Food Chemistry 114; 1063-1068

- Cabrera, A. und Martin, A. (1986): Variation in tannin content in *Vicia faba* L. Journal of Agriculture Science Cambridge, 106, 377-382
- Camacho, L.; Sierra, C.; Marcus, D.; Guzman, E.; Campos, R.; von Bär, D. und Trugo, L. (1991): Nutritional quality of lupine (*Lupinus albus* cv. Multolupa) as affected by lactic acid fermentation. International Journal of Food Microbiology, 14, 277-286
- Canibe, N. und Eggum, B.O. (1997): Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 2. Ileal and total tract digestibilities of amino acids, protein and other nutrients. Animal Feed Science and Technology, 64, 311-325
- Carre, B. und Lacassagne, L. (1992): Digestibility of carbohydrates and metabolisable energy value of peas, faba beans and white lupins in chickens. Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Conference on Grain Legumes, Angers, France, 481-482
- Carré, B.; Beauflis, E. und Melcion, J.P. (1991): Evaluation of protein and starch digestibilities and energy value of pelleted or unpelleted pea seeds from winter or spring cultivars in adult and young chickens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39; 468-472; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Carre, B. und Canon, L. (1989): Relationship between trypsin-inhibitor content of pea seeds and pea protein digestibility in poultry. In: Huisman, J.; van der Poel, A.F.P. und Liener, I.E. (Hrsg.): Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the first International Workshop on Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds, Wageningen, The Netherlands, 23-25. November, 1989; Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 103-106
- Carre, B.; Brillouet, J.M. und Thibault, J.F. (1985): Characterization of polysaccharides from whole lupin (*Lupinus albus* L.) cotyledons. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 33, 2, 285-292
- Cerletti, P. (1983): Lupin seed proteins. In: Hudson, B.J.F. (Hrsg.): Developments in food proteins. vol. 2, Applied Science Publishers, Essex, U.K., 133-171
- Cerning, J.; Saposnik, A. und Guilbot, A. (1975): Carbohydrate composition of horse beans (*Vicia faba*) of different origins. Cereal Chemistry, 52, 2, 125-138
- Champ, M.; Szylit, O.; Raibaud, P. und Abdelkader, N.A. (1983): Amylase Production by three Lactobacillus strains isolated from chicken crop. Journal of Applied Bacteriology, 55, 487-493
- Cheeham, N.W.H.; Cheung, P.C.K. und Evans, A.J. (1993): Structure of the principal non-starch-polysaccharide from the cotyledons of *lupinus angustifolius* cultivar gungurru. Carbohydrate Polymers, 22, 37-47
- Cheryan, M. (1980): Phytic acid interactions in food systems. CRC. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 13, 297-335
- Chew, P.G.; Casey, A.J. und Johnson, S.K. (2003): Protein quality and physico-functionality of australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru) protein concentrates prepared by isoelectric precipitation or ultracentrifugation. Food Chemistry, 53, 575-583
- Christiansen, J.L.; Jornsgard, B.; Buskov, S. und Olsen, C.E. (1997): Effect of drought stress on content and composition of seed alkaloids in narrow-leafed lupin, *Lupinus angustifolius* L. European Journal of Agronomy. 7, 307-314
- Chung, H.J.; Liu, Q. und Hoover, R. (2009): The impact of annealing and heat-moisture treatments on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starch. Carbohydrate Polymers, 75, 436-447
- Choct, M.; Dersjant-Li, Y.; McLeish, J. und Peisker, M. (2010): Soy Oligosaccharides and Soluble Non-starch Polysaccharides: A Review of Digestion, Nutritive and Anti-nutritive Effects in Pigs and Poultry. Asian-Australian Journal of Animal Science, 23, (10), 1386-1398
- Choct, M. (2006): Enzymes for the feed industry: past, present and future. World's Poultry Science Journal, 62, 5-15; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand



- Chompreeda, P.T. und Fields, M. (1984a): Effects of heat and natural fermentation on amino acids, flatus production compounds, lipid oxidation and tyrosin inhibitor in blends of soybean and cornmeal. *Journal of Food Science*, 49, 563-565
- Chompreeda, P.T. und Fields, M.L. (1984b): Effects of heat and natural fermentation on the extractability of minerals from soybean meal and corn meal blends. *Journal Food science*, 49, 566-568
- Conway, E.J. (1935): Mikrodifusion analysis and volumetric error. London: Crosby, in: Austin, J.H. und Drakin, D. L. (1935/36): Spectrophotometrie studies. III. Methemoglobin. *Journal biological Chemistry*, 112, 67-88
- Cuadra, C. DeLa; Muzquiz, M.; Burbano, C.; Ayet, G.; Calvo, R.; Osagie, A. und Cuadrado, C. (1994): Alkaloid,  $\alpha$ -galactoside and phytic acid changes in germinating lupin seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66, 357-364
- Cuadrado, C.; Hajos, G.; Cuadrado, C.; Pedrosa, M.M.; Ayet, G.; Muzquiz, M.; Pusztai, A. und Gelencser, E. (2002): Effect of natural fermentation on the lectins measured by immunological methods. *Food and Agricultural Immunology*, 14, 41-49
- Da Silva, L.G.; Trugo, L.C.; da Costa Terzi, S. und Couri, S. (2005): Low phytate lupin flour based biomass obtained by fermentation with a mutant of *Aspergillus niger*. *Process Biochemistry*, 40, 951-954
- Degussa (2006): Amino Dat 3.0, Platinum Print Version, Datenträger (CD) im Vertrieb der Evonik Degussa GmbH, Feed Additives, Rodenbacher Chaussee 4, D-63457 Hanau-Wolfgang, Germany
- Degussa (2001): Amino Dat TM 2.0. Amino acids and more. Datenträger (CD) im Vertrieb der Evonik Degussa GmbH, Feed Additives, Rodenbacher Chaussee 4, D-63457 Hanau-Wolfgang, Germany
- De Lange, C.F.M.; Nyachoti, C.M. und Verstegen, M.W.A. (2000): The significance of antinutritional factors in feedstuffs for monogastric animals. In: Moughan, P.J.; Verstegen, M.W.A. und Visser-Raynevald, M.I. (Hrsg): *Feed evaluation, principles and practice*. Wageningen Press, The Netherlands, 169-188
- Del Pilar Vilarino, M.; Mareggiani, G.; Grass, M.Y.; Leicach, S.R. und Ravetta, D.A. (2005): Post-damage alkaloid concentration in sweet and bitter lupin varieties and its effect on subsequent herbivory. *Journal of Applied Entomology*, 129, 5, 233-238
- Deschamps, A.M.; Mohudeau, G.; Conti, M. und Lebeault, J.M. (1980): Bacteria degrading tannic acid and related compounds. *Journal of Fermentation Technology*, 58, 93-97
- Deshpande, S.S.; Salunkhe, D.K.; Oyewole, O.B.; Azam-Ali, S.; Battcock, M. und Bressani, R. (2000): Fermented grain legumes, seeds and nuts: a global perspective. *Food and Agriculture Organization, Rome, Agricultural Services Bulletin*, vol. 142, 1-32
- Deshpande, S.S. und Cheryan, M. (1985): Evaluation of Vanillin Assay for Tannin analysis of dry beans. *Journal of Food Science*, 50, 905-910
- Dey, P.M. (1985): D-galactose-containing oligosaccharides. In: Dey, P.M. und Dixon, R.A. (Hrsg.): *Biochemistry of storage carbohydrates in green plants*. Academic Press, London, 53-129
- Diaz, D.; Morlacchini, M.; Masoero, F.; Moschini, M.; Fusconi, G. und Piva, G. (2006): Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba* var. minor) and lupin seeds (*Lupinus albus* var. multitalia) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science*, 5, 45-53
- DIN 53380: DIN 53380-2:2006-11; Prüfung von Kunststoffen - Bestimmung der Gasdurchlässigkeit - Teil 2: Manometrisches Verfahren zur Messung an Kunststoff-Folien
- DLG (2006a): *Praxishandbuch Futterkonservierung - Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien*. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG (2006b): *Grobfutterbewertung, Teil B, DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilage auf Basis der chemischen Untersuchung. Informationen 2/ 2006*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

- DLG (2004): Grobfutterbewertung, Teil A, DLG-Schlüssel zur Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu mit Hilfe der Sinnenprüfung. Informationen 1/ 2004, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG (2000): DLG-Richtlinie für die Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit. Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft, DLG-Kommission für Siliermittel. Germany
- DLG (1999): Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors. DLG-Information 1/1999, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG (1991): DLG-Futterwerttabellen Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG (1973): DLG-Futterwerttabellen: Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. 2. erweiterte und neugestaltete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Doblado, R.; Frias, J.; Munoz, R. und Vidal-Valverde, C. (2003): Fermentation of *Vigna sinensis* var. Carilla flours by natural microflora and lactobacillus species. Journal of Food Protection, 66, 2313-2320
- Duc, G.; Brun, N.; Merghem, R. und Jay, M. (1995): Genetic variation in tannin-related characters of faba bean seeds (*Vicia faba* L.) in their relationship to seed-coat colour. Plant Breeding, 114, 272-274
- Dumas, J.B.A. (1831): Procéde' de l'analyse organique. Annales de chimie et de physique, 47, 198-213
- Du Pont, M.S.; Muzquiz, M.; Estrella, I.; Fenwick, G.R. und Price, K.R. (1994): Relationship between the sensory properties of lupin seed with alkaloid and tannin content. Journal of the Science of Food and Agriculture, 65, 95-100
- Durland, G.R. und Pohl, S. (2002): Harvesting and Ensiling High-Moisture Crops. Extension Extra 1015, College of Agriculture & Biological Sciences/ South Dakota State University.  
<http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx1015.pdf>; Download: 01.08.2007
- Duske, K. (2002): Die Ansäuerung von Lupinen (Körnern) durch Milchsäuregärung als ein Verfahren der Konservierung und der Erhöhung des ernährungsphysiologischen Wertes für die monogastrischen Nutztierarten - Modellversuche mit der Sorte „Borweta“. Diplomarbeit, Universität Rostock, unveröffentlicht
- Duszkiewicz-Reinhard, W.; Gujska, E. und Khan, K. (1994): Reduction of stachyose in legume flours by lactic acid bacteria. Journal of Food Science, 59, 115-117
- Eason, P.J.; Johnson, R.J. und Castleman, G.H. (1990): The effects of dietary inclusion of narbon beans (*Vicia narbonensis*) on the growth of broiler chickens. Australian Journal of Agricultural Research, 41, 5665-71; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Eeckhout, W. und De Paepe, M. (1994): Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. Animal Feed Science and Technology, 47, 19-29
- EG-ÖKO-VERORDNUNG (2005): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2005: EG-ÖKO-VERORDNUNG (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. AB I. Nr. L 198 vom 22.07.1991, S. 1
- Eickmeyer, F. (2006): Lupinenzüchtung - Was ist möglich? Was ist nötig? Tagung „Gewinnung von biofunktionellen food ingredients aus Lupinensaaten für die Lebensmittelindustrie“; 06.-07.12.2006 in Rostock/ Warnemünde;  
[http://www.bcv.org/hosting/bcv/website.nsf/urlnames/lup\\_script\\_DE?OpenDocument&mnu=lup\\_script](http://www.bcv.org/hosting/bcv/website.nsf/urlnames/lup_script_DE?OpenDocument&mnu=lup_script);  
Download: 14.08.2012
- Eidelsburger, U.; Grosse-Sommer, A. und Roser, U. (2006): Die Ökoeffizienzanalyse - ein modernes Verfahren zum Vergleich verschiedener Konservierungsmethoden von Futtergetreide. 5. BOKU-Symposium Tierernährung, 02. November, Wien, 35-40

- Englyst, H.N. und Hudson, G.F. (1996): The classification and measurement of dietary carbohydrates. Food Chemistry, 57, 15-21; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Erbas, M.; Certel, M. und Uslu, M.K. (2005): Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus L.*). Food Chemistry, 89, 341-345
- Fan, M.Z. und Sauer, W.C. (1999): Variability of apparent ileal amino acid digestibility in different pea samples for growing-finishing pigs. Canadian Journal of Animal Science, 79, 467-476
- Fenlon, D.R.; Henderson, A.R. und Rooke, J.A. (1995): The fermentative preservation of grasses and forage crops. Journal of Applied Bacteriology, 79, 118-131
- Ferguson, N.S.; Bradford, M.M.V. und Gous, R.M. (2002): Diet selection priorities in growing pigs offered a choice of feeds. South African Journal of Animal Science, 32, 2, 136-143
- Fernandez-Orozco, R.; Frias, J.; Munoz, R.; Zielinski, H.; Piskula, M.K.; Kozłowska, H. und Vidal-Valverde, C. (2007): Effect of fermentation conditions on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* cv. Zapaton. European Food Research and Technology, 227, 4, 979-988
- Fleurat-Lessard, F. (2004): Stored grain, physico-chemical treatment. In: Wrigley, C.; Corke, H. und Walker, C.E. (Hrsg.). Encyclopedia of Grain Science. Elsevier Academic Press. 254-263
- Flis, M.; Sobotka, W.; Purwin, C. und Zdunczyk, Z. (1999): Nutritional value of diets containing field bean (*Vicia faba L.*) seeds with high or low proanthocyanidin levels for pig. Journal of Animal and Feed Sciences, 8, 171-180
- Frank, A.; Hackl, W.; Ott, E.M.; Gefrom, A. und Zeyner, A. (2009): Untersuchungen zum Einsatz von Lupinenkornsilage in der Ferkelaufzucht. Tagungsunterlage DLG Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 1.-2.4.2009, 168-171
- Franke, W. (1997): Nutzpflanzenkunde, 6. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Fraser, M.D.; Fychan, R. und Jones, R. (2005a): Comparative yield and chemical composition of two varieties of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) when harvested as whole-crop, moist grain and dry grain. Animal Feed Science and Technology, 120, 43-50
- Fraser, M.D.; Fychan, R. und Jones, R. (2005b): The effect of harvest date and inoculation on the yield and fermentation characteristics of two varieties of white lupin (*Lupinus albus*) when ensiled as a whole crop. Animal Feed Science and Technology, 119, 307-322
- Fredrikson, M.; Larsson Alminger, M.; Carlsson, N.-G. und Sandberg, A.-S. (2001): Phytate content and phytate degradation by endogenous phytase in pea (*Pisum sativum*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 81, 1139-1144
- Frias, J.; Miranda, M.L.; Doblado, R. und Vidal-Valverde, C. (2005): Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of *Lupinus albus L.* var. Multolupa. Food Chemistry, 92, 211-220
- Frias, J.; Doblado, R.; Antenaza, J.R. und Vidal-Valverde, C. (2003a): Inositol phosphate degradation by the action of phytase enzyme in legume seeds. Food Chemistry, 81, 233-239
- Frias, J.; Doblado, R. und Vidal-Valverde, C. (2003b): Kinetics of soluble carbohydrates by action of endo/ exo  $\alpha$ -galactosidase in lentils and peas. European Food Research and Technology, 216, 199-203
- Frick, C.; Mediavilla, V. und Hebeisen, T. (2002): Lupinen - eine alternative Eiweißkultur. Agrar-Forschung, 9, 80-83
- Friedel, K.; Bremer, S. und Gabel, M. (2002): Die Charakterisierung der Kohlenhydratfraktion von Futtermitteln - Vorschlag für die Anwendung von unterschiedlichen enzymatischen Hydrolysen. (bisher unveröffentlichtes Manuskript)

Friedel, K. (1990): Vorläufiges Bewertungsschema für die Ergebnisse des Tests auf Silierbarkeit. Vorläufige Institutsvorschrift, Universität Rostock, unveröffentlicht

Futtermittelverordnung:

Futtermittelrecht (2007): Das geltende Futtermittelrecht. Die aktuellen Gesetze und Verordnungen aus Bundes- und Gemeinschaftsrecht. Stand Dezember 2006, Grüne Broschüre TE, 18. Auflage, AMS Verlag (Anlage 4 zu § 14 Absatz 2 der FMVO)

Fürll, C.; Idler, C. und Hoffmann, T. (1997): Untersuchungen zu Verfahren der Konservierung von erntefeuchtem, grobgeschrotetem Getreide. Agrartechnische Forschung 3, 66-75

Fürll, C.; Oberbarnscheidt, B. und Wartenberg, G. (1992): Lagern und Konservieren von feuchtem Getreide. Neue Landwirtschaft, Heft 7, 83-86

Garcia, A.G. (1984): Cultivos herbaceous extensivos. Mundi-Prensa, Madrid

Gatel, F. (1994): Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. Animal Feed Science and Technology, 45, 317-348

Gdala, J.; Jansman, A.J.M.; Buraczewska, L.; Huisman, J. und van Leeuwen, P. (1997): The influence of  $\alpha$ -galactosidase supplementation on the ileal digestibility of lupin seed carbohydrates and dietary protein in young pigs. Animal Feed Science and Technology, 67, 115-125

Gdala, J. und Buraczewska, L. (1997): Ileal digestibility of pea and faba bean carbohydrates in growing pigs. Journal of Animal Feed Science, 6; 235-245; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand

Gdala, J.; Buraczewska, L. und Grela, W. (1992): The chemical composition of different types and varieties of peas and the digestion of their protein in pigs. Journal of Animal and Feed Sciences, 1, 71-79

Gemeinsamer Sortenkatalog für Landwirtschaftliche Pflanzenarten (2010), 29. Gesamtausgabe, 2010/C 337 A/01, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:337A:0001:0660:DE:PDF>;  
Download: 14.08.2012

GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter (BDP), des Deutschen Bauernverbandes (DBV) und der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (Ufop) zur Eiweißstrategie "Für wettbewerbsfähige heimische Eiweißpflanzen"; Berlin, 21. Januar 2012  
[http://www.ufop.de/Downloads/Erklaerung\\_Eiweiss\\_210112.pdf](http://www.ufop.de/Downloads/Erklaerung_Eiweiss_210112.pdf); Download: 14.08.2012

Genta, K.; Katsuhiko, T.; Yuji, N. und Takaaki, S. (2006): High-moisture Wheat Harvesting Conditions and Quality Using an Ordinary-type combine. Japanese Society of Agricultural Machinery, 68, 1, 87-95

Gertler, A.; Birk, Y. und Bondi, A. (1967): A comparative study of the nutritional and physiological significance of pure soybean trypsin inhibitors and of ethanol extracted soybean meals in chicks and rats. Journal Nutrition, 91, 358-370

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Gille, U. (2004): Analyse von Wachstumsvorgängen. Universität Leipzig;  
<http://www.uni-leipzig.de/~vetana/growth.htm>, Download: 12.06.2007

Giraud, E.; Champailier, A. und Raimbault, M. (1994): Degradation of raw starch by a wild amyolytic strain of *Lactobacillus plantarum*. Applied and Environmental Microbiology, 60, 4319-4323

Glencross, B.; Curnow, J. und Hawkins, W. (2003): Assessment of the nutritional variability of lupins as an aquaculture feed ingredient. Fisheries Research Contract Report No. 6; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand

Godfrey, N.W.; Mercy, A.R.; Emms, Y. und Payne, H.G. (1985): Tolerance of growing pigs to lupin alkaloids. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 25, 791-795

- Goelma, J.O.; Smits, A.; Vaessen, L.M. und Wemmers, A. (1999): Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on *in vitro* and *in situ* parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Animal Feed Science and Technology*, 78, 109-126
- Grala, W.; Jansman, A.J.M.; van Leeuwen, P.; Huisman, J.; van Kempen, G.J.M. und Verstegen, M.W.A. (1993): Nutritional value of faba beans (*Vicia faba L.*) fed to young pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2, 169-179
- Granito, M. und Alvarez, G. (2006): Lactid acid fermentation of Black beans (*Phaseolus vulgaris*): microbiological and chemical characterization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1164-1171
- Granito, M.; Torres, A.; Frias, J.; Guerra, M. und Vidal-Valverde, C. (2005): Influence of fermentation on the nutritional value of two varieties of *Vigna sinensis*. *European Food Research and Technology*, 220, 176-181
- Granito, M.; Frias, J.; Doblado, R.; Guerra, M.; Champ, M. und Vidal-Valverde, C. (2002): Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. *European Food Research and Technology*, 214, 226-231
- Greenhill, W.L. (1964): Plant juices in relation to silage fermentation. *Journal of the British Grassland Society*, 19, 336-339
- Greiner, R. (2006): Advances in phytase research. In: Rodehutschord, M. (Hrsg.): 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg 28.-30. November 2006, 11-18
- Greiner, R. (2002): Purification and characterization of three phytases from germinated lupine seeds (*Lupinus albus* var. Amiga). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6858-6864
- Greiner, R.; Muzquiz, M.; Burbano, C.; Cuadrado, C.; Pedrosa, M.M. und Goyoaga, C. (2001): Purification and characterization of a phytate-degrading enzyme from germinated faba beans (*Vicia faba* var. Alameda). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2234-2240
- Griffiths, D.W. (1981): The polyphenolic content and enzyme inhibitory activity of testa from beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum spp.*) varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32, 797-804
- Griffiths, D.W. und Thomas, T.A. (1981): Phytate and total phosphorus contents of field beans (*Vicia faba L.*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33, 1987
- Gross, F. und Riebe, K. (1974): Gärfutter. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Guillaume, J. (1978): Digestibilité des protéines, de l'amidon et des lipides de deux types de fève (*Vicia faba L.*) crue ou autoclavée chez le poussin. *Archiv für Geflügelkunde*, 42, 179-182
- Hackl, W.; Pieper, B.; Pieper, R.; Korn, U. und Zeyner, A. (2010): Effects of ensiling cereal grains (barley, wheat, triticale and rye) on total and pre-caecal digestibility of proximate nutrients and amino acids in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 729-735
- Hackl, W.; Pieper, B.; Korn, U. und Zeyner, A. (2008): Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffverdaulichkeit und zum Futterwert von erntetrocknem Getreide und Getreide-Feuchtkornsilagen bei Schweinen, Tagungsbericht, Forum für angewandte Forschung, Fulda 2008, 168-171
- Hagerman, A.E. (2002): Tannin handbook. Department of Chemistry and Biochemistry. Miami University, Oxford, Ohio, USA; <http://vcampus.uom.ac.mu/upload/public/2002925114541.pdf>; Download: 14.08.2012
- Hagerman, A.E. und Butler, L.G. (1981): The specificity of proanthocyanidinsprotein interactions. *Journal of Biological Chemistry*, 256, 4494-4497
- Haigh, P.M. und Parker, J.W.G. (1985): Effect of silage additives and wilting on silage fermentation, digestibility and intake, and on liveweight change of young cattle. *Grass and Forage Science*, 40, 429-436
- Halle, I. (2006): Vicin - Convicin. In: Flachowsky, G. (Hrsg.): Möglichkeiten der Dekontamination von unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung (2006). *Landbauforschung Völkenrode, FAL Agricultural Research, Sonderheft 294*, 231-234

- Halle, I. (2005): Einfluss gestaffelter Anteile von je zwei Erbsen- und Ackerbohnsorten im Legehennenfutter auf die Leistungsmerkmale. *Landbauforschung Völkenrode*, 3, 55, 149-155
- Hang, Y.D.; Woodams E.E. und Hang, L.E. (2003): Utilization of corn silage juice by *Kluyveromyces marxianus*. *Bioresource Technology*, 86, (3), 305-307
- Hänsel, R. und Sticher, O. (2007): *Pharmakognosie -Phytopharmazie*, 8. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York
- Harland, B.F. und Oberleas, D. (1986): Anion-exchange method for determination on phytate in foods: collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 69, 667-670
- Hartmann, A.; Friedel, K.; Díaz Casas, R.F.; Ott, E.M. und Gabel, M. (2005): Ensiling - a method for reducing tannin contents in red sorghum breeds. *Proceedings of the 3rd International Conference on Agricultural Development and Sustainability*, 14.-16. June 2005, Santa Clara, Kuba, PSA-31
- Hartmann, A. (2003): Untersuchungen zur Silierung von Sorghumkolben als Grundlage für Verfahren der Konservierung und zur Verbesserung des Futterwertes tanninhaltiger roter Sorghumsorten. Diplomarbeit, Universität Rostock, unveröffentlicht
- Haslam, E. (1982): Proanthocyanidins. In: Harbone, J.B. und Mabry, T.J. (Hrsg.): *The Flavonoids: advances in research*, Chapman and Hall London, 417-447
- Hegnauer, R. und Hegnauer, M. (2001): *Chemotaxonomie der Pflanzen, Leguminosae*; Teil 3, Papilionoideae, Birkhäuser Verlag Basel
- Heinz, T.; Souffrant, W.B.; Kesting, S. und Kellner, O. (1991): Ackerbohnen und Futtererbsen in Rationen für Schweine und Geflügel im Vergleich zum Sojaschrot. *Tierzucht*, 45, 84-86
- Henry, Y. und Bourdon, D. (1978): Utilization of legume seeds by the pig. *World review of animal production*, 14, 81-87
- Hickling, D. (2003): *Canadian feed peas industry guide*. 3rd Edition. Pulse Canada Winnipeg, Manitoba, <http://cigi.ca/wp-content/uploads/2011/12/Pea-Guide-2003.pdf>; Download: 14.08.2012
- Higginbotham, J.D. (1998): Quality and storage of molasses. In: Van der Poel, A.F.B.; Schieweck, H. und Schwartz, T. (Hrsg.): *Sugar technology*. Verlag Bartens, Berlin, 973-992
- Hoedtke, S. und Zeyner, A. (2011): Comparative evaluation of laboratory-scale silages using standard glass jar silages or vacuum-packed model silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 841-849
- Hoedtke, S. (2008): Die Quantifizierung der Osmolalität in Futterpflanzen und ihre Veränderung in verschiedenen Stadien der Silierung. Dissertation Universität Rostock
- Hoedtke, S.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2008): Modellsilagen im Vergleich: vakuumverpackte Rostocker Modellsilagen (ROMOS) versus Weckglassilagen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 17, 132
- Hoedtke, S.; Ott, E.M.; Schmidt, A.; Dittmann, L.; Bodaski, R.; Krzywiecki, S. und Gabel, M. (2007): Untersuchungen zum Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Vergärbarkeit von Triticaleganzpflanzen unter Verwendung des Rostocker Fermentationstestes. In: Wrage, N. und Isselstein, J.; (Hrsg.): *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*. Neue Funktionen des Grünlandes, 8, 97-100
- Hoedtke, S.; Friedel, K. und Gabel, M. (2005): Introducing a method for quantifying the osmolality in green forage and silages. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 14, 55
- Hoffmann M. und O. Steinhöfel (2006): Futtermittelspezifische Restriktionen, Eine Empfehlung des Landesarbeitskreises „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“, 3. Auflage, 40, Lichterwalde/ Köllitsch, 2006 <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=102>; Download: 14.08.2012
- Holzschuh, W. und Schmidt, W. (1963): *Silage: Herstellung, Fütterung*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag

- Honig, H. (1990): Evaluation of aerobic stability. In: Lindgren, S. und Lunden Petterson, K. (Hrsg.): Proceedings of the EUROBAC Conference, Uppsala, 1986, Grovfoder Grass and Forage Reports, 3, 76-82
- Hopper, D.J.; Rogozinski, J. und Toczko, M. (1991): Lupanine hydroxylase, a quinocytochrome c from an alkaloid-degrading *Pseudomonas sp.* Biochemical Journal, 279, 105-109
- Hoover, R. und Sosulski, F.W. (1986): Effect of cross-linking on functional properties of legume starches. Starch 38, 149-155
- Horbowicz, M. und Obendorf, L. (1994): Seed desiccation tolerance and storability: dependence on flatulence producing oligosaccharides and cyclitols review and survey. Seed Science Research, 4, 385-405
- Hughes, R.J.; Van Barneveld, R.J. und Choct, M. (1998): Factors influencing the nutritive value of lupins for broiler chickens. Chicken Meat Research Development Committee Final Report Project no. DAS 10CM. Canberra Australia: Rural Industries Research and Development Corporation; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Huisman, J. und Tolman, G.H. (1992): Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: Garnsworthy, P.C.; Haresign, W. und Cole, D.J.A. (Hrsg.): Recent advances in animal nutrition. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, U.K., 3-31
- Hurrell, R.F. (2002): Enhanced iron absorption from cereal and legume grains by phytic acid degradation. In: Lee, T.C. und Ho, C.T. (Hrsg.): Bioactive Compounds in Foods. Effects of Processing and storage. ACS symposium series, 816, Chapter 9; 117-129
- Idler, C. und Fuchs, H. (1995): Milchsäure konserviert Futtergetreide -neue Möglichkeiten zur Konservierung von feuchtem Futtergetreide. Landtechnik, 1, 38-39
- Idler, C.H.; Füll, C.H. und Oberbarnscheidt, B. (1993): Konservierung von feuchtem Futtergetreide, Proceedings 9. Internationale Tagung zu Problemen der Getreideverarbeitung und Getreidechemie, 18.10.-20.10.1993, Bergholz-Rehbrücke, 248-262
- Igbasan, F.A.; Guenter, W. und Slominski, B.A. (1997): Field peas: chemical composition and energy and amino acid availabilities for poultry. Canadian Journal of Animal Science, 293-299
- Iibuchi, S.; Minoda, Y. und Yamada, K. (1967): Studies on tannin acyl hydrolase of microorganisms. Agricultural and Biological Chemistry, 31, 513-518
- Jansen, G.; Jürgens, H.-U. und Ordon, F. (2009): Effects of temperature on the alkaloid content of seeds of *Lupinus angustifolius* cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science, 195, 172-177
- Jansen, G. und Jürgens, H.-U. (2008): Untersuchungen zur Variabilität des Rohfettgehaltes und des Fettsäuremusters in Blauen Süßlupinen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Vorträge für Pflanzenzüchtung, 20, (77), 245-246
- Jansen, G.; Seddig, S. und Jürgens, H.-U. (2006): Untersuchungen zum „Stärkegehalt“ in Blauen Süßlupinen. 8. GPZ-Tagung, Freising-Weihenstephan, 14.03.-16.03.2006, Vortrag Pflanzenzüchtung, 68, 73
- Jansen, G.; Jürgens, H.U. und Flamme, W. (2005): Einfluss von Standort und Sorte auf ausgewählte Qualitätsparameter ökologisch erzeugter Lupinen für die Nutztierfütterung. In: Rahmann, G. (Hrsg.): Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, 1-9
- Jansman, A.J.M.; Enting, H.; Verstegen, M.W.A. und Huisman, J. (1994): Effect of condensed tannins in hulls of faba beans (*Vicia faba L.*) on the activities of trypsin (EC 2.4.21. 4) and chymotrypsin (EC 2.4.21. 1) in digesta collected from the small intestine of pigs. British Journal of Nutrition, 71, 627-641
- Jansman, A.J.M. (1993): Tannins in faba beans (*Vicia faba L.*): antinutritional properties in monogastric animals. Hochschulschrift: Wageningen, Landbauuniversität, Prüfschrift, 207
- Jansman; A.J.M.; Verstegen, M.W.A. und Huisman, J. (1993): Effects of dietary inclusion of hulls of faba beans (*Vicia faba L.*) with a low and high content of condensed tannins on digestion and some physiological parameters in piglets. Animal Feed Science and Technology, 43, 239-257

- Jeroch, H.; Drochner, W. und Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer-Verlag, Stuttgart
- Jeroch, H. (1993): Körner und Samen. In: Jeroch, H.; Flachowsky, G. und Weissbach, F. (Hrsg.): Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 281-293
- Jezierny, D.; Mosenthin, R.; Sauer, N.; Roth, S.; Piepho, H-P.; Rademacher, M. und Eklund, E. (2010): Chemical composition and standardised ileal digestibilities of crude protein and amino acids in grain legumes for growing pigs. *Livestock Science*, 138, 229-243
- Johnson, H.E.; Merry, R.J.; Davies, D.R.; Kell, D.B.; Theodorou, M.K. und Griffith, G.W. (2005): Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 106-113
- Johnson, I.T.; Gee, J.M.; Price, K.; Curl, C. und Fenwick, G.R. (1986): Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport *in vivo*. *Journal of Nutrition*, 116, 2270-2277
- Jondreville, C.; Peyronnet, C. und Grosjean, F. (1992): Effect of variety on the digestibility of pea components in pigs: influence of trypsin inhibiting activity. Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Conference on Grain Legumes, Angers, France, 485-486
- Jones, D.I.H. (1970): The ensiling characteristics of different herbage species and varieties. *Journal of Agricultural Science*, 75, 293-300
- Jungbluth, T.; Büscher, W. und Krause, M. (2005): Technik Tierhaltung. UTB Grundwissen Bachelor, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- Jungbluth, T. (1989): Beurteilung von Verfahren der Feuchtgetreidekonservierung. Habilitationsschrift Universität Hohenheim
- Julkunen-Tiito, R. (1985): Phenolic constituents of leaves of Northern Willows: methods of analysis of certain phenolics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33, 213-217
- Jürgens, H.-U.; Jansen, G. und Kuhlmann, J. (2007): Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau - Variabilität wichtiger Inhaltsstoffe in Abhängigkeit vom Standort. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Stuttgart-Hohenheim, 20.-23.03.2007, 149-152
- Kamphues, J.; Coenen, M.; Kienzle, E.; Pallauf, J.; Simon, O. und Zentek, J. (2004): Supplemente zu Vorlesungen und Übungen der Tierernährung, 9. Auflage, Verlag M. und H. Schaper, Alsfeld- Hannover
- Kanda, H.; Wang, H.; Hesseltine, C. und Warner, K. (1976): Yoghurt production by *Lactobacillus* fermentation of soybean milk. *Process Biochemistry*, 11, 23-25
- Kaspersson, A.; Lindgren, S. und Ekström, N. (1988): Microbial dynamics in barley grain stored under controlled atmosphere. *Animal Feed Science and Technology*, 19, 4, 299-312
- Kazanas, H. und Fields, M.L. (1981): Nutritional improvement of sorghum by fermentation. *Journal of Food Science*, 46, 819-920
- Kazanas, H. (1979): Natural fermentation of sorghum. Ph.D. Thesis, University of Missouri-Columbia
- Keller, E.R.; Hanus, H. und Heyland, K.U. (1999): Handbuch des Pflanzenbaus, Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Eugen Ulmer Verlag
- Khanbabaee, K. und van Ree, T. (2001): Tannins: classification and definition. *Natural Product Reports*, 18, 641-649
- Kheterpaul, N. und Chauhan, B.M. (1991): Effect of natural fermentation on phytate and polyphenolic content and *in-vitro* digestibility of starch and protein of pearl millet (*Pennisetum typhoideum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55, 189-195
- Kheterpaul, N. (1988): Improvement of nutritional value of pearl millet by fermentation and utilisation of the fermented product. PhD Thesis, Haryana Agricultural University, Hisar, India



- Kircheggner, M. (2004): Tierernährung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Kjeldahl, J. (1883): Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffes in organischen Körpern. Zeitschrift für Analytische Chemie, 22, 366-382
- Kliem, K. und Heim, N. (2011): UFOP-Bericht 2010/ 2011. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin; [http://www.ufop.de/files/4713/3935/6979/GB\\_2011\\_Web.pdf](http://www.ufop.de/files/4713/3935/6979/GB_2011_Web.pdf); Download: 14.08.2012
- Kliem, K. und Heim, N. (2008): UFOP-Bericht 2008/ 2009. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin; [http://www.ufop.de/files/1213/3935/7068/UFOP\\_GB\\_2008\\_09\\_WEB.pdf](http://www.ufop.de/files/1213/3935/7068/UFOP_GB_2008_09_WEB.pdf); Download: 14.08.2012
- Kliem, K. und Heim, N. (2006): UFOP-Bericht 2005/ 2006. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin; [http://www.ufop.de/files/5013/3935/7008/UFOP\\_Bericht\\_06.pdf](http://www.ufop.de/files/5013/3935/7008/UFOP_Bericht_06.pdf); Download: 14.08.2012
- Kluge, H. (2007): mündliche Mitteilungen zur Bestimmung der Oligosaccharide nach der am Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Universität Halle etablierten HPLC-Analyse
- Kluge, H.; Hirche, F. und Eder, K. (2002): NSP- und Oligosaccharidgehalte von Lupinen der Spezies *L. angustifolius*, *L. luteus* und *L. albus*. 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Lutherstadt Wittenberg, 26.11.-28.11.2002, 145-147
- Kluge, H.; Witzel, G. und Jeroch, H. (1998): Inhaltsstoffe und Futterwert von Körnererbsen aus mitteldeutschem Anbaugebiet. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 7, 41
- Kluth, H.; Mantei, M.; Elwert, C. und Rodehutschord, M. (2005): Variation in precaecal amino acid and energy digestibility between pea (*Pisum sativum*) cultivars determined using a linear regression approach. British poultry Science, 46, 325-332
- Knopfe, C. (2000): Acylierung und physikochemische Charakterisierung von Ackerbohnen-Legumin. Dissertation Technischen Universität Berlin
- Knudsen, K.E.B. (1997): Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Animal Feed Science Technology, 67, 319-338
- Kocher, A.; Choct, M.; Hughes, R.J. und Broz, J. (2000): Effect of food enzymes on utilization of lupin carbohydrates by broilers. British Poultry Science, 41, 75-82
- Konietzny, U. und Greiner, R. (2002): molecular and catalytic properties of phytate degrading enzymes (phytase). International Journal of Food Science and Technology, 37, 791-812
- Koninkx, J.F.J.G.; Hendriks, H.G.C.J.M.; van Rossum, M.A.; van den Ingh, T.S.G.A.M. und Mouwen, J.M.V.M. (1992): Interaction of legume lectins with cellular metabolism of differentiated Caco-2 cells. Gastroenterology, 102, 1516-1523
- Kostinek, M.; Specht, I.; Edward, V.A.; Pinto, C.; Egounlety, M.; Sossa, C.; Mbugua, S.; Dortu, C.; Thonart, P.; Taljaard, L.; Mengu, M.; Franz, C.M.A.P. und Holzapfel, W.H. (2007): Characterisation and biochemical properties of predominant lactic acid bacteria from fermenting cassava for selection as starter cultures. International Journal of Food Microbiology, 114, 3, 342-351
- Kostinek, M.; Specht, I.; Edward, V.A.; Schillinger, U.; Hertel, C.; Holzapfel, W.H. und Franz, C.M.A.P. (2005): Diversity and technological properties of predominant lactic acid bacteria from fermented cassava used for the preparation of Gari, a traditional african food. Systematic and Applied Microbiology, 28, 527-540
- Kozłowska, H.; Honke, J.; Sadowska, J.; Frias, J. und Vidal-Valverde, C. (1996): Natural fermentation of lentils: influence of time, concentration and temperature on the kinetics of hydrolysis of inositol phosphates. Journal of the Science and Food Agriculture, 71, 367-375
- Kratochvílová, P.; Sikora, M. und Zeman, L. (2006): Influence of the level of *Vicia faba L.* in experimental diets on performance of chickens. 5. BOKU-Symposium Tierernährung, 02. November, Wien, 97-101
- Kuhla, S. und Ebmeier, C. (1981): Untersuchungen zum Tanningehalt in Ackerbohnen. Archiv für Tierernährung, 31, Heft 7/8, 573-588

- Lampart-Szczapa, E.; Siger, A.; Trojanowska, K.; Nogala-Kalucka, M.; Malecka, M. und Pacholek, B. (2003): Chemical composition and antibacterial activities of lupin seeds extracts. *Nahrung*, 47, 286-290
- Lanigan, G.W. (1963): Silage Bacteriology. I. Water activity and temperature relationship of silage strains of *Lb. plantarum*, *Lb. brevis* and *P. cerevisiae*. *Australian Journal of Biological Science*, 16, 606-615
- Laurent, S. (1975): Etude comparative de differentes methodes d'extraction et de dosage des tanins chez quelques pteridhytes. *Archive International Physiology and Biochemistry*, 83, 735-752
- Lavrencic, A. und Levart, A. (2005): Tannins as silage additives. 4. BOKU-Symposium Tierernährung, Wien, 27. Oktober 2005, 168-173
- Lee, M.J.; Pate, J.S.; Harris, D.J. und Atkins, C.A. (2006): Synthesis, transport and accumulation of quinolizidine alkaloids in *Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L. *Journal of Experimental Botany*, 22, 1-12
- Leinmüller, E. und Menke, K.H. (1991): I. Chemische Eigenschaften und Reaktionen mit Makromolekülen. Übersichten zur Tierernährung, 19, 91-113
- Lindgren, S. (1991): Hygienic problems in conserved forage. Forage Conservation towards 2000, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 123, 177-190
- Lindgren, S. und Refai, O. (1984): Amylolytic lactic acid bacteria in fish silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 57, 221-228
- Lopez, H.W.; Leenhardt, F.; Coudray, C. und Rémésy, C. (2002): Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 727-739
- Lopez, H.W.; Ouvry, A.; Bervas, E.; Guy, C.; Messenger, A.; Demigne, C. und Remesy, C. (2000): Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2281-2285
- Lopez, Y.; Gordon, D.T. und Fields, L (1983): Release of phosphorus from phytate by natural lactic acid fermentation. *Journal of Food Science*, 48, 953-954
- Losand, B.; Dreschel, H.; Martin, J. und Priepke, A. (2003): Nutzung einheimischer Eiweißpflanzen in der Fütterung, *Archiv Tierzucht, Dummerstorf, Sonderheft* 46, 107-114
- Lütke Entrup, N.L.; Pahl, H. und Albrecht, R. (2003): Fruchtfolgewert von Körnerleguminosen. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin; <http://www.ufop.de/files/3513/4080/9712/Koernerleguminosen.pdf>; Download: 14.08.2012
- Macrae, R. und Zand-Moghaddam, A. (1978): The determination of the component oligosaccharides of lupin seeds by HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, 1083-1086
- Madrid, J.; Martinez-Teruel, A.; Hernandez, F. und Megias, M.D. (1999): A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, highperformance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 12, 1722-1726
- Mahajan, S. und Chauhan, B.M. (1987): Phytic acid and extractable phosphorus of pearl millet flour as affected by natural lactic acid fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 41, 381-386
- Makkar, H.P.S. (2003): Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands 2003
- Makkar, H.P.S.; Gamble, G. und Becker, K. (1999): Limitation of the butanol hydrochloric acid iron assay for bound condensed tannins. *Food Chemistry*, 66, 129-133
- Makkar, H.P.S.; Becker, K.; Abel, H.J. und Pawelzik, E. (1997): Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of *vicia faba* beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75, 511-520

- Makkar, H.P.S. und Bekker, K. (1996): Effect of pH, temperature and time on inactivation of tannins and possible implications in detannification studies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 5, 1291-1295
- Makkar, H.P.S. und Goodchild, A.V. (1996): Quantification of tannins: a laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo (Syria), 1-24
- Makkar, H.P.S.; Blümmel, M.; Borowy, N.K. und Becker, K. (1993): Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, 161-165
- Mariscal-Landín, G.; Lebreton, Y. und Seve, B. (2002): Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Animal Feed Science and Technology*, 97, 183-198
- Marquardt, D.; Ott, E.M.; Zeyner, A.; Dittmann, L. und Gabel, M. (2008): Untersuchungen zur Silierbarkeit von Körnern der Saatwicke (*Vicia sativa*). In: Martens, H. (Hrsg.): *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 17, 133
- Marquard, R. (2000): III. Nutritive und antinutritive Inhaltsstoffe der Leguminosen. In: Schuster, W.H.; Alkämper, J.; Marquard, R. und Stählin, A. (Hrsg.): *Leguminosen zur Kornnutzung*. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/>; Download: 14.08.2012
- Marquardt, R.R. (1993): Use of legume seeds (peas, faba beans and grass peas) in poultry diets: influence of antinutritional factors. Ninth Australian Poultry and Feed Convention, Gold Coast; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Marquardt, R.R.; Ward, A.T.; Campbell, L.D. und Cansfield, P.E. (1977): Purification, identification and characterization of a growth inhibitor in faba beans (*Vicia faba L.* var. Minor). *Journal of Nutrition*, 107, 1313-1324
- Marquardt, R.R.; Campbell, L.D. und Ward, A.T. (1976): Studies with chicks on the growth depressing factor(s) in faba beans (*Vicia faba L.* var. Minor). *Journal of Nutrition*, 106, 275-284
- Marquardt, R.R. und Campbell, L.D. (1973): Raw and autoclaved faba beans in chick diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 53, 741-746
- Martinez-Villaluenga, C.; Gulewicz, P.; Frias, J. und Vidal-Valverde, C. (2007): Amino acid profile in fermented *Lupinus angustifolius* cv. Zapaton. Integrating legume biology for sustainable agriculture, 12.-16. November, Lissabon, Portugal, 181
- Martinez-Villaluenga, C.; Frias, J. und Vidal-Valverde, C. (2006): Functional lupin seeds (*Lupinus albus L.* and *Lupinus luteus L.*) after extraction of  $\alpha$ -galactosides. *Food Chemistry*, 98, 291-299
- Martinez-Villaluenga, C.; Frias, J. und Vidal-Valverde, C. (2005): Raffinose family oligosaccharides and sucrose contents in 13 spanish lupin cultivars. *Food Chemistry*, 91, 645-649
- Matthias, J. und Pries, M. (2006): Feuchtgetreidekonservierung. *Praxishandbuch Futterkonservierung*. DLG-Verlag, 7. Auflage, 117-125
- Matthiesen, M. (2007a): Einfluss der Getreideart auf physikalische Kenngrößen von Feuchtgetreide. *Landtechnik*, 62, 218-219
- Matthiesen, M. (2007b): Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch. Dissertation Universität Bonn
- McDonald, P.; Henderson, A.R. und Heron, S.J.E. (1991): *The biochemistry of silage*. Cambrian Printers Ltd, Aberystwyth
- McKay, A.M. (1992): Hydrolysis of vicine and convicine from faba beans by microbial betaglucosidase enzymes. *Journal of Applied Bacteriology*, 72, 6, 475-478
- Meissner, M. und Wyss, U. (1999): Qualität von unterschiedlich konserviertem Dürrfutter. *Agrarforschung*, 6, 437-440

- Menke, K.-H. und Huss, W. (1987): Tierernährung und Futtermittelkunde. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Metayer, J.P.; Barrier-Guillot, B.; Skiba, F.; Crepon, K.; Bouvarel, I.; Marget, P.; Duc, G. und Lessire, M. (2003): Nutritional value of three faba bean cultivars for broiler chickens and adult cockerels. *British Poultry Science*, 44, (5), 814-5; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Meyer, U.; Schulz, E.; Flachowsky, G. und Berk, A. (2001): Tiermehlverfütterungsverbot! Forschungsbedarf bezüglich der Alternativen. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda, 21.-22.3.02, 77-79
- Mieczkowska, A.; Smulikowska, S. und Nguyen, C.V. (2004): Effect of enzyme supplementation of white lupin (*Lupinus albus* var. Butan) - containing diets on performance, nutrient digestibility, viscosity, pH, and passage rate of digesta in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13, 475-486
- Mielke, H. und Schöber-Butin, B. (2004): Anbau und Pflanzenschutz Nachwachsender Rohstoffe (Sonderkulturen) Eiweiß-, Öl-, Färber-, Inulin- und Faserpflanzen. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin und Braunschweig, Heft 395
- Minorsky, P.V. (2003): Raffinose Oligosaccharides. *Plant Physiology*, 131, 1159-1160
- Moeljopawiro, S.; Gordon, D. und Fields, M. (1987): Bioavailability of iron in fermented soybeans. *Journal of Food Science*, 52, 102-105
- Mohamed, A.A. und Rayas-Duarte, P. (1995): Composition of *Lupinus albus*. *Cereal Chemistry*, 72, 643-647
- Mosenthin, R. und Steiner, T. (2005): Bestimmung der Gehalte an Gesamt-Phosphor, Phytat-Phosphor sowie der nativen Phytaseaktivität in sortenreinen Körnerleguminosen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Konservierungsverfahren auf die nativen Phytaseaktivitäten; [http://www.ufop.de/files/2113/3922/7371/Uni\\_Hohnheim.pdf](http://www.ufop.de/files/2113/3922/7371/Uni_Hohnheim.pdf); Download: 14.08.2012
- Mosenthin, R.; Sauer, W.C.; Lien, K.A. und De Lange, C.F.M. (1993): Apparent, true and real ileal protein and amino acid digestibilities in growing pigs fed two varieties of faba beans (*Vicia faba* L.) different in tannin content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 70, 253-265
- Muduuli, D.S.; Marquardt, R.R. und Guenter, W. (1981): Effect of dietary vicin on the productive performance of laying chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, 61, 757-764
- Müller, M.; Müller, T. und Seyfarth, W. (1993): Veränderungen der mikrobiellen Epiphytenflora beim Welken von Futtergräsern und deren mögliche Auswirkungen auf den Siliererfolg. *Agrobiological Research*, 46, 1, 28-39
- Münste, H. (1931): Einsäuerungsversuche mit grünen Lupinen. Dissertation, Universität Kiel
- Murphy, E.L. (1973): The possible elimination of legume flatulence by genetic selection. In: Milner, M. (Hrsg.): Symposium on Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. Rome (Italy), 3. 06.1972, 273-276
- Naber, E.C.; Vogt, H.; Harnisch, S.; Krieg, R.; Ueberschär, K.-H. und Rauch, H.-W. (1988): Der Einfluss von Tannin- und Vicingehalten der Ackerbohnen auf die Leistung von Legehennen. *Poultry Science*, 67, 455-462
- Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Newton, S.D. und Hill, G.D. (1983): The composition and nutritive value of field beans. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series B*, 53, 99-115
- Nicolopoulou, D.; Grigorakis, K.; Stasini, M.; Alexis, M.N. und Iliadis, K. (2007): Differences in chemical composition of field pea (*Pisum sativum*) cultivars: Effects of cultivation area and year. *Food Chemistry*, 103, 847-852; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand

- Nielsen, H.E. und Kruse, P.E. (1974): Effects of dietary horse beans (*Vicia faba*) on colostrum and milk composition and milk yield in sows. *Livestock Production Science*, 1, 179-186
- Nishino, N. und Uchida, S. (1999): Laboratory evaluation of previously fermented juice as a fermentation stimulant for lucerne silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, (10), 1285-1288
- Nowak, J. und Steinkraus, K.H. (1988): Effect of tempeh fermentation of pea on their potential flatulence productivity as measured by gas production and growth of *Clostridium perfringens*. *Nutrition Reports International*, 38, 1163-1171
- Nozzolillo, C.; Ricciardi, L. und Lattanzio, V. (1988): Flavanoid constituents of seed coats of *vicia faba* (*fabaceae*) in relation to genetic control of their color. *Canadian Journal of Botany*, 67, 1600-1604
- Ohff, R. und Weissbach, F. (1979): Fermentative Entgiftung von Rapsextraktionsschrot. Interner Arbeitsbericht. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR. Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, Bereich Tierernährung
- Ohshima, M. und McDonald, P. (1978): A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, 497-505
- Ortiz, L.T.; Alzueta, C.; Trevino, J. und Castano, M. (1994): Effects of faba bean tannins on the growth and histological structure of the intestinal tract and liver of chicks and rats. *British Poultry Science*, 35, 743-754
- Ortiz, L.; Centeno, C. und Treviño, J. (1993): Tannins in faba bean seeds: effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 41, 271-278
- Osawa, R.O.; Kuroiso, K.; Goto, S. und Shimizu, A. (2000): Isolation of tannin-degrading lactobacilli from humans and fermented foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 6, 3093-3097
- Pahlow, G.; Muck, R.E.; Driehuis, F.; Oude Elferink, S.J.W.H. und Spoeltra, S.F. (2003): Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R.; Muck, R.E. und Harrison, J.H. (Hrsg.): *Silage Science and Technology*. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 31-94
- Pahlow, G. und Weissbach, F. (1996): Effect of numbers of epiphytic lactic acid bacteria and of inoculation on the rate of pH-decline in direct cut and wilted grass silages. *Proceedings of the XIth International Silage Conference, Universität of Wales*, 104-105
- Palander, S.; Laurinen, P.; Perttilä, S.; Valaja, J. und Partanen, K. (2006): Protein and amino acid digestibility and metabolizable energy value of pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds for turkey of different age. *Animal Feed Science and Technology*, 127, 89-100
- Paredes-Lopez, O. und Harry, G.I. (1989): Changes in selected chemical and antinutritional components during tempeh preparation using fresh and hardened common beans. *Journal of Food Science*, 54, 968-970
- Pastuszewska, B. und Ochtabinska, A. (1995): Protein value of legume seeds fed to rats as the only source of protein or in combination with cereals. *Proceedings of the 2nd European Conference on Grain Legumes, Copenhagen, Denmark*, 272-273
- Pearson, G. und Carr, J.R. (1977): A comparison between meals prepared from the seeds of different varieties of lupin as protein supplements to barley-based diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 2, 49-58
- Perez, J.M. und Bourdon, D. (1992): Energy and protein value of peas for pigs: synthesis of french results. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Conference on Grain Legumes, Angers, France*, 489-490
- Perez-Maldonado, R.A.; Mannion, P.F. und Farrell, D.J. (1999): Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. *Chemical composition and layer experiments. British Poultry Science*, 40, 667-673
- Periago, M.J.; Ros, G. und Casas, J.L. (1997): Non-starch polysaccharides and *in vitro* digestibility of raw and cooked chickpeas. *Journal of Food Science*, 62, (1), 93-96; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand

- Petersen, J. (2002): Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Petterson, M. (1998): Composition and food uses of lupins. In: Gladstones, J.S.; Atkins, C.A. und Hamblin, J. (Hrsg.): Lupins as crop plants: biology, production and utilization. Wallingford: CAB International, Cambridge, 353-384
- Petterson, D.S.; Sipsas, S. und Mackintosh, J.B. (1997): The chemical composition and nutritive value of Australian pulses (2nd ed.). Canberra, Australia: Grains Research and Development Corporation
- Petterson, D.S. und Fairbrother, A.H. (1996): Lupins as a raw material for human foods and animal feeds. Indonesian Food Nutrition Program, 3, 35-41
- Pettersson, T.; Martinsson, K. und Lingvall, P. (1996): Ensiling barley grain: optimum harvest time. Swedish Journal of Agricultural Research, 26, 189-197
- Petterson, D.S. und Mackintosh, J.B. (1994): The chemical composition of lupin seed grown in Australia. Proceedings of the 1th Australian Lupin Technical Symposium. Perth, WA Department of Agriculture, 1, 39-48, In: Brinkmann, J. und Abel, H.J. (Hrsg.): Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland. UFOP-Schriften, Heft 3, 161-208
- Pfoertner, H.P. und Fischer, J. (2001): Dietary fibres of lupines and other grain legumes. In: McCleary, B.V. und Prosky, L. (Hrsg.): Advanced dietary fibre technology. Blackwell Science, 361-366
- Pieper, R.; Hackl, W.; Korn, U.; Zeyner, A.; Souffrant, W.B. und Pieper, B. (2011): Effect of ensiling triticale, barley and wheat grains at different moisture content and addition of *Lactobacillus plantarum* (DSMZ 8866 and 8862) on fermentation characteristics and nutrient digestibility in pigs. Animal Feed Science and Technology, 164, (1-2), 96-105
- Pieper, B.; Pieper, R.; Hackl, W. und Korn, U. (2007): Ensiling high moisture triticale grain with lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*) – effect on fermentation characteristics and nutritive value in pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 16, 91
- Pieper, R.; Hackl, W.; Pieper, B. und Korn, U. (2006): Einfluss der Silierung von Feuchtkorn-Maisschrot mit Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) auf ausgewählte Fermentationsparameter und den Futterwert beim Schwein. In: Rodehutschord, M. (Hrsg.): 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Halle, 28.-30. November, 274-276
- Pieper, B.; Poppe, S. und Schröder, A. (1999): Tipps zur Herstellung von Topsilagen. Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung für Landwirtschaft und Umwelttechnik; <http://www.dr-pieper.com/file/15.pdf>; Download: 14.08.2012
- Pieper, B.; Kleemann, J.; Poppe, S.; Allert, H.; Losch, K.; Wittchen, H.; Mielitz, E. und Schulz, A. (1989): Verfahren zur Bestimmung der Vergärbarkeit von Futtermitteln. Patentschrift, DD 281 255 A5
- Piotrowicz-Cieslak, A.I.; Gorecki, R.J. und Adomas, B. (1999): The content and composition of soluble carbohydrates in lupin seeds of different species and cultivars. Plant Breeding and Seed Science, 43, 2, 29-37
- Pitt, R.E.; Muck, R.E. und Leibensperger, R.Y. (1985): A quantitative model of the ensilage process in lactate silages. Grass and Forage Science, 40, 279-303
- Plarre, W. (1999): Lupine. Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. In: Keller, E.; Hanus, H. und Heyland, K.-U. (Hrsg.). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 689-710
- Porter, L.J.; Wong, R.Y.; Benson, H.F.; Chang, B.G.; Viswanadhan, V.N.; Gandour, R.E. und Mattice, W.L. (1986): Conformational analysis of flavan. Journal of Chemistry Research, 86, 830
- Price, K.R.; Curl, C.L. und Fenwick, G.R. (1986): The saponin content and sapogenol composition of the seed of 13 varieties of legume. Journal of the Science of Food and Agriculture, 37, 1185-1191

- Priepke, A.; Matthes, W. und Schubert, C. (2009): Futterwert und Einsatzmöglichkeiten von Blauen Lupinen und Nebenprodukten aus der Energiepflanzenproduktion in der Mastschweinefütterung. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Tierproduktion; [http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA\\_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Schweineproduktion/index.jsp?&artikel=2455](http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Schweineproduktion/index.jsp?&artikel=2455); Download: 14.08.2012
- Pusztai, A. (1989): Biological effects of dietary lectins. In: Huisman, J.; van der Poel, A.F.B. und Liener, I.E. (Hrsg.): Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds: animal nutrition, feed technology, analytical methods: proceedings of the 1. International Workshop on "Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds", 1988, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 17-29
- Quemener, R. (1988): Improvements in the high pressure liquid chromatographic determination of amino sugars and  $\alpha$ -galactosides in faba beans, lupine and pea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 754-759
- Ratschow, J.P. (1986): Konservierung und Lagerung von Getreide in Flachsilos, Band 4 von Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft, Kiel
- Ravindran, V.; Tabe, L.M.; Molvig, L.; Higgins, T.J.V. und Bryden, W.L. (2002): Nutritional evaluation of transgenic high-methionine lupins (*Lupinus angustifolius* L.) with broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 280-285
- Reddy, N.R. und Pierson, M.D. (1994): Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation. *Food Research International*, 27, 281-290
- Reddy, N.R.; Pierson, M.D.; Sathe, S.K. und Salunkhe, D.K. (1985): Dry beans tannins: a review of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62, 3, 541-549
- Reddy, N.R. und Salunkhe, D.K. (1980a): Changes in oligosaccharides during germination and cooking of black gram and fermentation of black gram/ rice blends. *Cereal Chemistry*, 57, 356-360
- Reddy, N. und Salunkhe, D. (1980b): Effects of fermentation on phytate phosphorus and mineral content in black gram, rice, and black gram and rice blends. *Journal of Food Science*, 45, 1708-1712
- Reed, J.D. (1995): Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, 73, 1516-1528
- Rehacek, J.; Sozzi, T. und Studer, P. (1982): Effect of water activity on the development of lactic acid bacteria and yeast utilized in the food industry. *Milchwissenschaften*, 37, 151-154
- Römer, P. (2007): Lupinen - Verwertung und Anbau. 5. Auflage, Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. <http://elf.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/lupine07.15564210.pdf>; Download: 14.08.2012
- Römer, A. (1998): Untersuchungen zu Inhaltsstoffen und zum Futterwert von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Dissertation, Göttingen
- Römpp (1991): Chemie Lexikon. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Rosen, H. (1957): A modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 67, 10-15
- Roth, F.X.; Kirchgessner, M. und Eidelsburger, U. (1993): Zur nutritiven Wirksamkeit von Milchsäure in der Ferkelaufzucht. *Agribiological Research*, 46, 229-239
- Roth-Maier, D.A.; Paulicks, B.R.; Steinhöfel, O. und Weiß, J. (2004): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin
- Roth-Maier, D. und Kirchgessner, M. (1993): Nährstoffzusammensetzung und Futterwerte verschiedener Weißer und Gelber Lupinen (*Lupinus albus* L. und *Lupinus luteus* L.) für Schwein und Geflügel. *Agribiological Research*, 46, 3, 218-228

- Rothmaler, W. (1994): Exkursionsflora von Deutschland. Band 2: Gefäßpflanzen: Grundband. Gustav Fischer Verlag
- Rubio, L.A.; Brenes, A. und Castano, M. (1989): Histological alterations of the pancreas and the intestinal tract produced by raw faba bean (*Vicia faba* L. Minor) diets in growing chicks. *British Poultry Science*, 30, 15-28
- Ruhemann, S. (1911): Experiment des Monats September 2000; <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm0009>; Download: 14.08.2012
- Ruperez, P. (1998): Oligosaccharides in raw and processed legumes. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung/ A*, 206, 130-133
- Saini, H.S. und Gladstones, J.S. (1986): Variability in the total and component galactosyl sucrose oligosaccharides of *Lupinus* species. *The Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 157-166
- Salawu, M.B.; Acamovic, T.; Stewart, C.S.; Hvelplund, T. und Weisbjerg, M.R. (1999): The use of tannins as silage additives: effects on silage composition and mobile bag disappearance of dry matter and protein. *Animal Feed Science and Technology*, 82, 243-259
- Salunkhe, D.K.; Chavan, J.K. und Kadam, S.S. (1990): Plant phenolics: structure, classification, and biosynthesis. In: Salunkhe, D.K. (Hrsg.): *Dietary tannins: consequences and remedies*. CRC Press Inc., Boca Ration, Florida, USA, 5-25
- Sanftleben, P. und Dreschel, H. (2002): Feuchtgetreidekonservierung – Möglichkeiten und Einsatz. <http://www.lfamv.de/index.php?/content/view/full/833>; [http://www.landwirtschaftmv.de/cms2/LFA\\_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Futter\\_und\\_Fuetterung/Feuchtgetreidekonservierung/Feuchtgetreidekonservierung.pdf](http://www.landwirtschaftmv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Futter_und_Fuetterung/Feuchtgetreidekonservierung/Feuchtgetreidekonservierung.pdf); Download: 14.08.2012
- Sanni, A.I.; Morlon-Guyot, J. und Guyot, J.P. (2002): New efficient amylase-producing strains of *Lactobacillus plantarum* and *L. fermentum* isolated from different Nigerian traditional fermented foods. *International Journal of Food Microbiology*, 72, 53-62
- Santana, F.C. und Empis, J. (2001): Bacterial removal of quinolizidine alkaloids from *Lupinus albus* flours. *European Food Research and Technology*, 212, 217-224
- Santana, F.M.C.; Fialho, A.M.; Sa-Correia, I. und Empis, J.M.A. (1996): Isolation of bacterial strains capable of using lupanine, the predominant quinolizidine alkaloid in white lupin, as sole carbon and energy source. *Journal of Industrial Microbiology*, 17, 110-115
- Sauvant, D.; Perez, J.M. und Tran, G. (2004): Tables of composition and nutritional value of feed materials, Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. Wageningen Academic Publishers
- Saxena, R.K.; Sharmila, P. und Singh, V.P. (1995): Microbial degradation of tannins. *Progress in industrial microbiology*, 32, 259-270
- Scalbert, A. (1991): Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30, 12, 3875-3883
- Scheuermann, S.E.; Lantsch, H.-J. und Menke, K.H. (1988): *In vitro* und *in vivo* Untersuchungen zur Hydrolyse von Phytat. I. Löslichkeit von Phytat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 60, 55-63
- Schmidt, T.; Krawielitzki, K.; Voihgt, J. und Gabel, M. (2005): Methodical aspect of the *in situ* technique for estimating ruminal nutrient degradation: microbial contamination and lag time. *Übersichten zur Tierernährung*, 33, 87-100
- Schmidt, L.; Weissbach, F.; Wernecke, K.D. und Hein, E. (1971): Erarbeitung von Parametern für die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufes bei der Grünfuttersilierung. Bericht des Oskar-Kellner-Institutes, Rostock
- Schmiechen, U.; Schachler, B. und Sauermann, W. (2011): Anbauratgeber Blaue Süßlupine. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin; [http://www.ufop.de/files/9113/4080/9714/PI\\_Blaue\\_Suesslupine\\_240611.pdf](http://www.ufop.de/files/9113/4080/9714/PI_Blaue_Suesslupine_240611.pdf); Download: 14.08.2012



- Schofield, P.; Mbugua, D.M. und Pell, A.N. (2001): Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 91, 21-40
- Schumacher, K.D. (2006): Zur Bedeutung gentechnisch veränderter Futtermittel in der EU. Toepfer International, Hamburg, [http://www.milchindustrie.de/.../gentechnik\\_futtermittel/futtermittel\\_schumacher\\_toepfer\\_stand\\_2006/](http://www.milchindustrie.de/.../gentechnik_futtermittel/futtermittel_schumacher_toepfer_stand_2006/) Toepfer International GmbH. MARKTBERICHT NOVEMBER 2011, [www.toepfer.com](http://www.toepfer.com); Download: 16.01.2007
- Schuster, W.H.; Alkämper, J.; Marquard, R. und Stählin, A. (2000): Leguminosen zur Kornnutzung. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/>; Download: 14.08.2012
- Seale, D. (1987): Bacteria and enzymes as products to improve silage preservation. *Silage Information*, Dezember 2000 In: Wilkinson, J.M. und Stark, B.A. (Hrsg.): *Developments in silage*. Chalcombe Publications, Marlow, 47-61
- Selle, P.H.; Walker, A.R. und Bryden, L. (2003): Total and phytate-phosphorus contents and phytase activity of Australian sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, 475-479
- Shekib, L.A.F. (1988): Evaluation of protein quality, methionine and lysine availability, and phytic acid content in natural fermented lentils, rice and their blend. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 33, 135-144
- Shimelis, E.A. und Rakshit, S.K. (2008): Influence of natural and controlled fermentation on  $\alpha$ -galactosides, antinutrients and protein digestibility of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 658-665
- Shirai, K.; Revah-Moisseev, S.; Garcia-Garibay, M. und Marshall V.M. (1994): Ability of some strains of lactic acid bacteria to degrade phytic acid. *Letters in Applied Microbiology*, 19, 366-369
- Sievwright, C.A. und Shipe, W.F. (1986): Effect of storage conditions, chemical treatment on firmness, *in vitro* protein digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31, 341-350
- Silva, L.G. und Trugo, L.C. (1996): Characterization of phytase activity in lupin seed. *Journal of Food Biochemistry*, 20, 329-340
- Singh, N.; Kaur, N.; Rana, J.C. und Sharma, S.K. (2010): Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum*) germplasm. *Food Chemistry*, 122, 518-525
- Singleton, V.L. und Rossi, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. In: Hagerman, A.E. und Butler, G.L. (1978): Protein precipitation method for quantitative determination of tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26, 809-812
- Simon, A. (2004): Praecaecale Aminosäurenverdaulichkeit von Ackerbohnen und Blauen Lupinen bei Broilern. *UFOP Schriften* 24, 15-36; [http://www.ufop.de/Downloads/Praecaecale\\_Verdaulichk.pdf](http://www.ufop.de/Downloads/Praecaecale_Verdaulichk.pdf); Download: 14.02.2012
- Simon, O. und Vahjen, W. (2004): NSP-hydrolysierende Enzyme in Zusammenhang mit Sojaextraktionsschrot. In: Rodehutschord, M. (Hrsg.): 8. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Institut für Tierernährung, Universität Halle-Wittenberg, 23.-25.11.2004, 1-6
- Skrede, A.; Sahlstrøm, S.; Ahlstrøm, O.; Connor, K.H. und Skrede, G. (2007): Effects of lactic acid fermentation and gamma irradiation of barley on antinutrient contents and nutrient digestibility in mink (*Mustela vison*) with and without dietary enzyme supplement. *Archives of Animal Nutrition*, 61, 211-221
- Smits, C.H.M. und Annison, G. (1996): Non-starch polysaccharides in broiler nutrition-towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*, 52, 203-221; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Smulikowska, S.; Pastuszewska, B.; Swiech, E.; Ochtabinska, A.; Mieczkowska, A.; Nguyen, V.C. und Buraczewska, L. (2001): Tannin content affects negatively nutritive value of pea for monogastrics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 10, 511-523

- Smulikowska, S. und Chibowska, M. (1993): The effect of variety, supplementation with tryptophan, dehulling and autoclaving on utilization of field bean (*Vicia faba L.*) seeds by broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2, 181-188
- Sosulski, F.W. und Cadden, A.M. (1982): Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *Journal of Food Science*, 47, 1472-1477; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Spoeltra, S.F. (1993): Chemische und biologische Siliermittel für die Futterkonservierung. *Übersichten zur Tierernährung*, 21, 87-116
- Stalljohann, G. (2012): Heimische Körnerleguminosen statt Sojaextraktionsschrot aus Übersee? <http://www.Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, www.landwirtschaftskammer.de>  
<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/leguminosen-statt-soja.htm>; Download: 24.05.2012
- Stalljohann, M. und Möllering, J. (2008): Körnerleguminosen gezielt einsetzen!  
<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/koernerleguminose.htm>; Download: 24.05.2012
- Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, R 3.2.1, Feldfrüchte 2005
- Steenfeldt, S.; Gonzalez, E. und Bach Knudsen, K.E. (2003): Effects of inclusion with blue lupins (*Lupinus angustifolius*) in broiler diets and enzyme supplementation on production performance, digestibility and dietary AME content. *Animal Feed Science and Technology*, 110, 185-200
- Stein, H.H.; Everts, A.K.R.; Sweeter, K.K.; Peters, D.N.; Maddock, R.J.; Wulf, D.M. und Pedersen, C. (2006): The influence of dietary field peas (*Pisum sativum L.*) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science*, 84, 3110-3117
- Steiner, T.; Mosenthin, R.; Zimmermann, B.; Greiner, R. und Roth, S. (2007): Distribution of phytase activity, total phosphorus and phytate phosphorus in legume seeds, cereals and cereal by-products as influenced by harvest year and cultivar. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 320-334
- Steinhöfel, O. und Weber, U. (2006): Untersuchungen zur kombinierten Aufbereitung und Silierung von Feuchtkornmais in Folienschläuchen. Deutsches Maiskomitee e.V. und Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Alsfeld, Deutschland; [http://www.agbag.de/fileadmin/Aktuelles/DMK\\_Alsf.pdf](http://www.agbag.de/fileadmin/Aktuelles/DMK_Alsf.pdf);  
Download: 04.04.2007
- Steinhöfel, O. und Weber, U. (2003): Silierung im Folienschlauch. *Milchpraxis*, 3/2003, 41, 156-169
- Steinhöfel, O. (2001): Silierung im Folienschlauch -Wo passt sie hin? *Top Agrar-Spezial*, 9/2001, 19-22
- Sudarmadji, S. und Markakis, P. (1977): The phytate and phytase of soy bean tempeh. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 381-383
- Sujak, A.; Kotlarz, A. und Strobel, W. (2006): Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food Chemistry*, 98, 711-719
- Svanberg, U. und Sandberg, A.S. (1987): Improved iron availability in weaning foods using germination and fermentation. In: Alnwick, D.; Moses, S. und Schmidt, O.G. (Hrsg.): *International Workshop on Household Level Technologies for Improving Young Child Feeding in Eastern and Southern Africa*, Nairobi, IDRC, Ottawa, Canada, 366-373
- Svihus, B.; Newman, C.W.; Newman, R.K. und Selmer-Olsen, I. (1997): Changes in extract viscosity, amino acid content, and soluble and insoluble  $\beta$ -glucan and dietary fibre content of barley during different high moisture storage conditions. *Animal Feed Science Technology*, 64, 257-272
- Sweeney, T.E. und Beuchat, C.A. (1993): Limitations of methods of osmometry: measuring the osmolality of biological fluids. *American Journal of Physiology Society*, 264, 469-480

- Swiech, E.; Buraczewska, L. und Taciak, M. (2004): *In vivo* and *in vitro* ileal digestibility of protein and amino acids of peas containing different tannin levels. In: Muzquiz, M.; Hill, G.D.; Cuadrado, C.; Pedrosa, M.M. und Burbano, C. (Hrsg.): Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the 4th international workshop on antinutritional factors in legume seeds and oilseeds, 8.-10. March 2004, Toledo, Spain, 243-246
- Tabera, J.; Frias, J.; Estrella, I.; Villa, R. und Vidal-Valverde, C. (1995): Natural fermentation of lentils Influence of time, concentration and temperature on protein content, trypsin inhibitor activity and phenolic compound content. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung /A, 201, 587-591
- Täufel, K.; Täufel, A. und Ruttloff, H. (1962): Physiologisch-Chemische Studien über die „Raffinose-Familie“. Planta, 58, 127-135
- Taur, A.T.; Pawar, V.D. und Ingle, U.K. (1984): Effect of fermentation on nutritional improvement of grain sorghum. Indian Journal of Nutrition and Dietetics, 21, 129-136
- Tchoné, M. (2003): Über Polyphenole in Topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) und andere gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe. Thesis, Technischen Universität Berlin
- Thacker, P.A. (1990): Faba beans. In: Thacker, P.A. und Kirkwood, R.N. (Hrsg.): Nontraditional Feed Sources for Use in Swine Production. Butterworths. Boston, London, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington
- Thaysen, J. (2009a): Erprobung des Verfahrens der Feuchtkörnerleguminosensilierung (Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen) unter Verwendung von Silier- und Konservierungszusätzen zur betriebseigenen Verfütterung. Ergebnisse von Prüfaufträgen der UFOP e. V., Berlin
- Thaysen, J. (2009b): Körnerleguminosen Konservieren oder Silieren? UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Berlin
- Tiwari, B.K.; Gowen, A. und McKenna, B. (2011): Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. Food Science and Technology, Academic Press, Elsevier
- Toczko, M. (1966): Induced lupanine hydroxylase from *Pseudomonas lupanini*. Biochemica et Biophysica Acta, 128, 570-573
- Toczko, M.; Brzeski, W. und Kakolewska-Baniuk, A. (1963): Microbial degradation of lupanine. V. Identification of 17-hydroxylupanine. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Cl. II, 11, 161-164
- Torres, A.; Frias, J. und Vidal-Valverde, C. (2005): Changes in chemical composition of lupin seeds (*Lupinus angustifolius*) after selective  $\alpha$ -galactoside extraction. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 2468-2474; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Troszynska, A.; Honke, J.; Waszczuk, K. und Kozłowska, H. (1995): Oligosaccharide content in legume seeds and their changes during sterilization. Proceedings of the 2nd Conference on Grain Legumes, Copenhagen, Denmark, 288
- Trugo, L.C. (1994): Effect of germination on nutritive value of lupin seed. Proceedings of the 7th International Lupin Conference, Évora, Portugal, 418-423
- Trugo, L.C.; Donangelo, C.M.; Duarte, Y.A. und Tavares, C.L. (1993): Phytic acid and selected mineral composition of seed from wild species and cultivated varieties of lupin. Food Chemistry, 47, 391-394
- Trugo, L.C.; Farah, A.; Trugo, N.M.F.; Sierra, C. und Camacho, L. (1990): Effect of germination and fermentation on the oligosaccharide composition of lupin seeds. Proceedings of the 6th International Lupin Conference, Temuco Pucon, Chile, 43-49
- Uchida, S. (1987): Studies on the evaluation of dry matter content and feeding value in silage. Journal of Japanese Society of Grassland Science, 33, 38-43
- Umata, M. und Faulks, R.M. (1988): The effect of fermentation on the carbohydrates in Teff (*Eragrostis tef*). Food Chemistry, 27, 181-189

- Valdebouze, P.; Bergeron, P.; Gaborit, T. und Delort-Laval, J. (1980): Content and distribution of trypsin inhibitors and hemagglutinins in some seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, 695-701
- Van Barneveld, R.J. (1999): Understanding the nutritional chemistry of lupins (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12; 203-230; In Nalle, C.L. (2009): Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. PhD Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Van der Poel, A.F.B.; Gravendel, S.; Kleef, D.J.; Jansman, A.J.M. und Kemp, B. (1992a): Tannin-containing faba beans (*Vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 36, 205-214
- Van der Poel, A.F.B.; Dellaert, L.M.W.; van Norel, A. und Helsper, J.P.F.G. (1992b): The digestibility in piglets of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by breeding towards the absence of condensed tannins. *British Journal of Nutrition*, 68, 793-800
- Van der Poel, A.F.B.; Gravendeel, S. und Boer, H. (1991): Effects of different processing methods on tannin content and *in vitro* protein digestibility of faba bean (*Vicia faba* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 33, 49-58
- Van Soest, P.J. und Wine, R.H. (1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 50, 50-56
- VDLUFA (1997): VDLUFA Methodenbuch, Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 4. Ergänzungslieferung, Darmstadt
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 Eiweißpflanzen -Titel IV -Kapitel 2 der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 -Flächenbezogene Beihilfe
- VerfVerbG (2001): Gesetz über das Verbot des Verfütterns, des innergemeinschaftlichen Verbringens und der Ausfuhr bestimmter Futtermittel (Verfütterungsverbotsgesetz-VerfVerbG). 29. März 2001, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 14, 463-466, Bonn, 6.4.2001
- Vetter, J. (1995): Chemische Zusammensetzung von Samen und Samenschale der Ackerbohne (*Vicia faba* L.). *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung/ A*, 200, 229-232
- Vidal-Valverde, C.; Frias, J.; Prodanov, M.; Tabera, J.; Ruiz, R. und Bacon, J. (1993): Effect of natural fermentation on carbohydrates, riboflavin and trypsin inhibitor activity in lentils. *European Food Research and Technology*, 197, 449-452
- Villa, R. (1994): Modificación del valor nutritivo de leguminosas mediante fermentación. BSc Dissertation., Univ. Complutense, Madrid
- Viveros, A.; Centeno, C.; Brenes, A.; Canales, R. und Lozano, A. (2000): Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 9, 4009-4013
- Voigt, J. und Steger, H. (1967): Zur qualitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketokörpern in biologischem Material mit Hilfe eines modifizierten Mikrodifusionsgefäßes. *Archiv für Tierernährung*, 17, 289
- Von Lengerken, J. und Zwierz, P. (1983): Vorschlag zur rationellen Rohfaserbestimmung in der Routine-Analytik. *Archiv für Tierernährung*, 2, 259
- Von Sengbusch, R. (1931): Bitterstoffarme Lupinen II. *Der Züchter*, 4, 93-109
- Von Sengbusch, R. (1930): Bitterstoffarme Lupinen. *Der Züchter*, 1-2
- Waldroup, P.W. und Smith, K.J. (1989): Animal feed uses of legumes. In: Matthews, R.H. (Hrsg.): *Legumes. chemistry, technology and human nutrition*. Marcel Dekker Inc., New York und Basel, 245-327
- Wang, N. und Daun, J.K. (2004): Effect of variety and crude protein content on nutrients and certain antinutrients in field peas (*Pisum sativum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1021-1029
- Wang, X.; Warkentin, T.D.; Briggs, C.J.; Oomah, B.D.; Campbell, C.G. und Woods, S. (1998): Total phenolics and condensed tannins in field pea (*Pisum sativum* L.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica*, 101, 97-102

- Wasilewko, J. und Buraczewska, L. (1999): Chemical composition, including amino acid, mineral, and alkaloid contents, in seeds of three lupin species cultivated in Poland. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 8, 1-12
- Wasilewko, L.; Gdala, J.; Buraczewska, L. und Han, I.K. (1999): Assessment of ileal digestibility of lupin amino acids and their use in formulating diets for pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 8, 13-26
- Waterson, J.J. und Butler, G.L. (1983): Occurrence of an unusual leucoanthocyanidin and absence of proanthocyanidins in sorghum leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 31, 41-45
- Weast, R.C. (1985): *CRC Handbook of chemistry and physics*. CRC Press, Cleveland
- Weber, U. (2005): Untersuchung zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- Weber, E. und Bleiholder, H. (1990): Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen*, 42, 308-321
- Weiss, K. (2000): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Berlin
- Weissbach, F. und Honig, H. (1997): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung. DLG, Frankfurt/Main
- Weissbach, F. (1996): New developments in crop conservation. Proceedings of the XIth International Silage Conference, University of Wales, Aberystwyth, 08.-11. September, 11-25
- Weissbach, F. und Kuhla, S. (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übersichten zur Tierernährung*, 23, 189-214
- Weissbach, F.; Schmidt, L. und Hein, E. (1974): Method for anticipation of the run of fermentation silage making, based on the chemical composition of green fodder. Proceedings of the XIIIth International Grassland Conference, Moskau, 663-673
- Weissbach, F. (1968): Beziehungen zwischen Ausgangsmaterial und Gärungsverlauf bei der Grünfuttersilierung. Habilitationsschrift, Universität Rostock
- Weissbach, F. (1967): Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. Tagungsbericht 92, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 211-220
- Weurding, R.E.; Veldman, A.; Veen, W.A.G.; van der Aar, P.J. und Versteegen, M.W.A. (2001): Starch digestion rate in the small Intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. *Journal of Nutrition*, 131, 2329-2335
- White, C.L.; Hanbury, C.D.; Young, P.; Phillips, N.; Wiese, S.C.; Milton, J.B.; Davidson, R.H.; Siddique, K.H.M. und Harris, D. (2002): The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolius* grain for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 99, 45-64
- Wieringa, G.W. (1958): *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 6, 201; In: Jeroch, H.; Flachowsky, G. und Weissbach, F. (Hrsg.): *Futtermittelkunde*. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 90
- Wilkinson, J.M. (1983): Valor alimenticio de las forrajeras ensiladas de clima tropical y templado: 1. El proceso de ensilado e influencia de su valor alimenticio. *Revista Mundial de Zootecnia*, 45, 36-42; In: Ott, E.M. (1997): Siliereignung und Futterwert zweier Sorghumsorten sowie weiterer tropischer Futtergräser und Leguminosen. Diplomarbeit, Universität Rostock
- Wilson, R.F. und Wilkins, R.J. (1972): An evaluation of laboratory ensiling techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, (3), 377-385
- Wink, M. (2003): Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64, 3-19
- Wink, M. (2002): Production of quinolizidine alkaloids in *in-vitro* cultures of legumes. In: Nagata, T. und Ebizuka, Y. (Hrsg.): *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Springer-Verlag, 51, 118-136

- Wink, M.; Meissner, C. und Witte, L. (1995): Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus*. *Phytochemistry*, 38, 139-153
- Wink, M. (1994): Biological activities and potential application of lupin alkaloids. In: Neves-Martin, J.M. und Beirao da Costa, M.L. (Hrsg.): *Advances in Lupin research. Proceedings of the 7th International Lupin Conference*, Évora, Portugal, 161-178
- Wink, M. (1992a): Die chemische Verteidigung der Pflanzen und die Anpassung der Pflanzenfresser. In: Wink, M. (Hrsg.): *Lupinen 1991 - Forschung, Anbau und Verwertung*. Universität Heidelberg, 130-156
- Wink, M. (1992b): Methoden zum Nachweis von Lupinen-Alkaloiden. In: Wink, M. (Hrsg.): *Lupinen 1991 -Forschung, Anbau und Verwertung*. Universität Heidelberg, 78-90
- Wink, M. (1985): Chemische Verteidigung der Lupinen: Zur biologischen Bedeutung der Chinolizidinalkaloide. *Plant Systematics and Evolution*, 150, 65-81
- Wink, M. und Witte, L. (1985): Quinolizidine alkaloids as nitrogen source for lupin seedlings and cell cultures. *Zeitschrift für Naturforschung*, 40c, 767-775
- Wink, M. (1984a): Biochemistry and chemical ecology of lupin alkaloids. *Proc. III International Lupin Conference*, La Rochelle, June 1984, 325-343
- Wink, M. (1984b): Stoffwechsel und Funktion von Chinolizidinalkaloiden in Pflanzen und pflanzlichen Zellkulturen. *Habilitation*, University Braunschweig
- Wink, M. und Witte, L. (1984): Turnover and transport of quinolizidine alkaloids: diurnal variation of lupanine in the phloem sap, leaves and fruits of *Lupinus albus L.* *Planta*, 161, 519-524
- Wiryawan, K.G. und Dingle, J.G. (1996): Nutritive value of grain legumes for monogastric animals. *First Australian New Crops Conference 1996*, Volume 2, 291-316
- Wiseman, J.; Wareham, C.N. und Cole, D.J.A. (1991): Utilization of faba beans by poultry - Evaluation of lines near isogenic except for flowers colour and tannin content. *Aspect of Applied Biology*, 27, 23-30
- Wiseman, J. und Cole, D.J.A. (1988): European legumes in diets for non-ruminants. In: Haresign, W. und Cole, D.J.A. (Hrsg.): *Recent Advances in Animal Nutrition*, Butterworths, London, 13-37
- Wolf, J.; Jänike, H. und Losand, B. (2001): Ergebnisse der Silierung von feuchtem Körnermais mit unterschiedlichen Konservierungstoffen. In: Pieper, B. und Poppe, S. (Hrsg.): *5. Symposium zu Fragen der Fütterung von Kühen mit hohen Leistungen*, Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, Neuruppin, 91-101
- Woolford, M.K. (1990): The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68, 101-116
- WPSA (World's Poultry Science Association) Subcommittee Energie of the Working Group nr. 2 Nutrition of the Federation of Branches of the World's Poultry Science Association, *European Table of Energie Values for Poultry Feedstuffs*, 3rd Edition. 1989, 104
- Wrigley, C. (2003): The lupin the grain with no starch. *Cereal Foods World*, 48, 30-31
- Yemm E.M. und Willis A.J. (1954): The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, 57, 85-97
- Yumoto, I. und Ikeda, K. (1995): Direct fermentation of starch to L-(+)-lactic acid using *Lactobacillus amylophilus*. *Biotechnology Letters*, 17, 543-546
- Zamora, A.F. und Fields, A.M. (1979): Nutritive quality of fermented cowpeas (*Vigna sinensis*) and chickpeas (*Cicer arietinum*). *Journal of Food Science*, 44, 1, 234-236
- Zdunczyk, Z.; Juskiewicz, J.; Flis, M.; Amarowicz, R. und Krefft, B. (1996): The chemical composition and nutritive value of low alkaloid varieties of white lupin. 1. Seed, cotyledon and seed coat characteristics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 5, 63-72

Zhang, D.X. und Cheryan, M. (1991): Direct fermentation of starch to lactic acid by *Lactobacillus amylovorus*. Biotechnology Letters, 13, 733-738

Zierenberg, B. (2000): *In vitro* Methode zur Beurteilung der Fermentationsleistung von Milchsäurebakterien und deren Einfluss auf die Stoffwechselaktivität weiterer für die Silierung relevanter Mikroorganismen bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen. Dissertation, Universität Rostock

Zimmer, E. (1985): Verluste bei der Maiskonservierung, Mais Heft 4, 30-35

Zinke, O. (2011): Eiweißfutter bleibt knapp. 14.10.2011 Dlv Nachrichten  
<http://www.agrarheute.com/sojemarkt-analyse-zinke>; Download: 06.02.2012

ZMP: Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH

## 9 Tabellen-, Abbildungs- und Anhangsverzeichnis

### Tabellen

Tab. 1	Botanische Merkmale von Leguminosen und daraus resultierende Effekte in der Fruchtfolge im Vergleich zu einer Getreiderotation von Weizen (LÜTKE ENTRUP <i>et al.</i> 2003; KLIEM & HEIM 2006; GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012)	3
Tab. 2	Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2012 (KLIEM & HEIM 2006, 2008, 2011; ZMP -Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH; Statistisches Bundesamt; GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER ZUR EIWEISSSTRATEGIE 2012)	6
Tab. 3	Futterwertparameter [g/kg TS] der Körner ausgewählter Leguminosenarten im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1991, ergänzt nach verschiedenen Autoren (NALLE 2009))	8
Tab. 4	Rohprotein und Aminosäuregehalt [g/kg TS] von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen im Vergleich zu dem von Sojaextraktionsschrot und Weizen (DEGUSSA 2001)	9
Tab. 5	Aminosäureverhältnis zwischen Lysin, Methionin + Cystin, Threonin und Tryptophan von Körnerleguminosen und Weizen (berechnet, DEGUSSA 2001)	10
Tab. 6	Gehalte an Gerüstsubstanzen [g/kg TS] der Körner ausgewählter Leguminosenarten im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1991, verschiedene Autoren)	12
Tab. 7	Mineralstoffgehalte [g/kg TS] in Leguminosenkörnern im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (DLG 1973; MAKKAR <i>et al.</i> 1997; WASILEWKO & BURACZEWSKA 1999; PETERSEN 2002; MOSENTHIN & STEINER 2005; BÖHM 2007)	13
Tab. 8	Antinutritive Inhaltsstoffe mit leistungsmindernder und gesundheitsgefährdender Wirkung in Körnerleguminosen (JEROCH 1993, erweitert)	14
Tab. 9	Alkaloidfraktionen in Weißen, Gelben und Blauen Lupinen (WINK 1992b)	14
Tab. 10	Gehalte an Saccharose und Oligosacchariden [g/kg TS] in Leguminosenkörnern	16
Tab. 11	Gesamt-Phosphor und Phytat-Phosphor sowie Anteil des Phytat-Phosphor am Gesamt-Phosphor in verschiedenen Leguminosenkörnern im Vergleich zu Weizen und Sojamehl	17
Tab. 12	Tanningehalte [g/kg TS] in Leguminosenkörnern	19
Tab. 13	Energiegehalt und Verdaulichkeit der Rohnährstoffe beim Geflügel und Schwein sowie scheinbare präzäkale Verdaulichkeit (pV <sub>k</sub> ) ausgewählter Aminosäuren von Leguminosenkörnern beim Schwein (nach verschiedenen Autoren*)	21
Tab. 14	Höchstmengen [%] für Leguminosenkörner in Rationen für monogastrische Tierarten (nach JEROCH 1993 und ROTH-MAIER <i>et al.</i> 2004)	23
Tab. 15	Übersicht der in die Untersuchungen mit reifen, lagergetrockneten Leguminosenkörnern einbezogenen Arten und Sorten bzw. die für die Feldstudie gewählten Sorten	34
Tab. 16	Im Rostocker Fermentationstest verwendete Varianten (n = 3)	36
Tab. 17	Zeitpunkt der pH-Wert-Messungen im Rostocker Fermentationstest	37
Tab. 18	Beziehung zwischen Trockensubstanz (TS), Wasseraktivität, Osmolalität und Konzentration der Salzlösung (LANIGAN 1963; GREENHILL 1964; WEISSBACH 1968; PITT <i>et al.</i> 1985; SWEENEY & BEUCHAT 1993)	38
Tab. 19	Entsprechend den eingesetzten KCl-Lösungen kalkulierte Trockensubstanzgehalte (TS) in Abhängigkeit der Konstante (c) für die Konzentration an osmotisch wirksamen Teilchen und dem TS-Gehalt im Ausgangsmaterial (GREENHILL 1964; WEISSBACH 1968; SWEENEY & BEUCHAT 1993)	39
Tab. 20	Zum Silieren verwendete Polyethylentüten und deren für den Silierprozess wichtige Materialeigenschaften, * Herstellerangaben, ermittelt nach DIN 53380	39
Tab. 21	Zum Screening ausgewählte Milchsäurebakterienpräparate	41
Tab. 22	Angewandte chemische Analysen zur Bestimmung der Nährstoffgehalte	43



Tab. 23	Schätzformel für den energetischen Futterwert [ME MJ/kg TS] für Schweine und Geflügel	44
Tab. 24	Bestimmung von Lupinenalkaloiden mit GC-MS	45
Tab. 25	Chromatografische Bestimmung von Galactose, Saccharose und Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) mittels HPLC	45
Tab. 26	Bestimmung der Phenol- und Tanninfraktionen	46
Tab. 27	Parametereinstellung und Grundkalibrierung am HPLC-Gerät bzw. am Gaschromatograph für die Analyse der Gärsäuren und Alkohole	47
Tab. 28	Nährstoff- und Energiegehalte reifer, lagertrockener Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (n = 3)	51
Tab. 29	Gehalte an Faserfraktionen in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten (n = 3)	52
Tab. 30	Nährstoff- und Energiegehalte der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2005, n = 3)	54
Tab. 31	Nährstoff- und Energiegehalte der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2006, n = 3)	54
Tab. 32	Alkaloidgehalte in reifen, lagertrockenen Lupinenkörnern verschiedener Sorten	55
Tab. 33	Gesamt-Phosphor, Phytat-Phosphor und Anteil des Phytat-Phosphors am Gesamt-Phosphor in reifen, lagertrockenen Körnern verschiedener Leguminosenarten und -sorten	56
Tab. 34	Gehalte an Phenol- und Tanninfraktionen in reifen, lagertrockenen Ackerbohnen- und Erbsenkörnern verschiedener Sorten (n = 3)	57
Tab. 35	Alkaloidgehalte in Lupinenkörnern verschiedener Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	57
Tab. 36	Phenol- und Tanninfraktionen in Ackerbohnen- und Erbsenkörnern der Sorten 'Limbo' und 'Lisa' bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	58
Tab. 37	Vergärbarkeitsparameter reifer, lagertrockener Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (n = 3)	59
Tab. 38	Vergärbarkeitsparameter der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner verschiedener Arten und Sorten (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	60
Tab. 39	Vergärbarkeitskennwerte im Körnerschrot der mit unterschiedlichen TS-Gehalten geernteten Leguminosenkörner nach Melassezugabe (2 % der Frischmasse; Versuch 2005 und 2006; n = 3)	60
Tab. 40	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte der Sorten je Art)	61
Tab. 41	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 9- und 12 %iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte der Sorten je Art)	63
Tab. 42	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte der Sorten; Versuche 2005 und 2006)	67
Tab. 43	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 % und 75 % TS) im Ansatz mit 9- und 12 %iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte der Sorten; Versuche 2005 und 2006)	68
Tab. 44	Einfluss der geprüften Milchsäurebakterienpräparate auf die Gärparameter in Modellsilagen aus reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten (Körnerschrot, rückbefeuchtet mit aqua dest. auf ca. 65 % TS; 34 Tage Lagerung; n = 3)	70
Tab. 45	Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 90 Tagen Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzusatz (ca. 65 % TS; Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)	74

Tab. 46	Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 90 Tagen Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzusatz (ca. 75 % TS; Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)	77
Tab. 47	Aerobe Stabilität ( $d_5$ in Tagen) von Körnerschrotsilagen (50 Tage Lagerung) verschiedener Leguminosenarten und -sorten sowie Verluste in % der Einwaage und pH-Wert-Änderungen während der aeroben Lagerung (7 Tage) in Abhängigkeit vom TS-Gehalt sowie dem Einsatz von Silierzusätzen (Versuch 2006; n = 3)	78
Tab. 48	Alkaloidgehalt im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit 65 % bzw. 75 % TS geernteten Lupinenkörnern (Versuch 2005, n = 3)	80
Tab. 49	Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen- und Erbsensorten (Versuch 2005; n = 3)	82
Tab. 50	Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (nach 90 Tagen Lagerung) aus mit hohem Restfeuchtegehalt geernteten Ackerbohnen (Versuch 2006; n = 3)	82
Tab. 51	Alkaloidgehalte im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Lupinenschrot (34 Tage Lagerung; n = 3)	83
Tab. 52	Gesamt-Phosphor und Phytat-Phosphor sowie Anteil des Phytat-Phosphors am Gesamt-Phosphor im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot der Blauen Süßlupine 'Bora' (34 Tage Lagerung; n = 3)	84
Tab. 53	Phenol- und Tanninfraktionen im unsilierten Ausgangsmaterial sowie in den Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot der Ackerbohnen-sorten 'Limbo' und der Erbsensorte 'Lisa' (34 Tage Lagerung; n = 3)	85
Tab. 54	Vergärbarkeitskennwerte von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern (2002/ 2012) und von Leguminosenkörnern geerntet mit unterschiedlichen TS-Gehalten (2005/ 06); Zuckergehalt nach verschiedenen Analysemethoden: Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) nach Anthron-Methode* <sup>1</sup> , gravimetrische Zuckerbestimmung nach VDLUFA* <sup>2</sup> , Zuckerbestimmung mittels HPLC* <sup>3</sup> (analog SCHMIDT <i>et al.</i> 2005) und nach Verrechnung der Zuckergehalte* <sup>3</sup> (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) mit den Gehalten an Oligosacchariden* <sup>4</sup> (Raffinose, Stachyose, Verbascose) zum Gesamtzuckergehalt* <sup>5</sup> ( $XZ_{RFO}$ ); n = 3	95
Tab. 55	Angaben des trockensubstanzabhängigen kritischen pH-Wertes zur Vermeidung von Buttersäurebildung in Silagen (WEISSBACH 1968, WEISSBACH <i>et al.</i> 1974, WEISSBACH & HONIG 1997); $0,0264 \cdot x + 3,675$ ; $R^2 = 1,0$	96
Tab. 56	pH-Werte bei Verwendung von Ackerbohnen-schrot im Ansatz (aqua dest.) vom Rostocker Fermentationstest, n = 3	98
Tab. 57	Parameter der Gompertz Funktion $y = a \cdot \exp(-\exp(b-cx))$ zur Berechnung des zeitabhängigen pH-Wert-Abfalls und kalkulierte pH-Werte bei Verwendung von Ackerbohnen-schrot im Ansatz mit aqua dest. im Rostocker Fermentationstest, n = 3	98

## Abbildungen

Abb. 1	Beitrag von Säurebildung, CO <sub>2</sub> -Atmosphäre in verschiedenen Feuchtigkeitsbereichen – Prinzipschema (ZIMMER 1985)	26
Abb. 2	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest im Mittel aller geprüften Leguminosenarten und -sorten (reife, lagertrockene Körner) in Abhängigkeit von der Osmolalität (aqua dest., 9- bzw. 12 % KCl) sowie dem Zusatz von Silierhilfsmitteln (Melasse, 2 % der Frischmasse (FM); Milchsäurebakterien (MSB), <i>Lb. plantarum</i> , 3*10 <sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866; n = 108)	62
Abb. 3	Gärparameter der Modellsilagen mit verschiedenen Silierzusätzen unabhängig von der Leguminosenart und Sorte (reife, lagertrockene Körner – Schrot, rückbefeuchtet mit aqua dest. auf 65 % TS; gemittelte Werte)	71
Abb. 4	PH-Wert-Verlauf und Milchsäuregehalte in Körnerschrotsilagen (ca. 65 % TS, n = 3) verschiedener Leguminosen, dargestellt für die Varianten ohne Zusatz (Kontrolle, 1a–c), mit Melassezusatz (2 % der Frischmasse (FM), 1a–c) bzw. mit Milchsäurebakterien (MSB, 1d–f) und kombinierter Zugabe von Melasse und MSB (1d–f); MSB: <i>Lb. plantarum</i> , 3*10 <sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866	73
Abb. 5	Kalkulierter pH-Wert-Verlauf und kalkulierte pH-Wert-Änderung pro Stunde im Rostocker Fermentationstest bei Verwendung von Ackerbohenschrot im Ansatz mit aqua dest. und unterschiedlichen Silierhilfsmitteln; Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien ( <i>Lb. plantarum</i> , 3*10 <sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866)	99

**Anhang**

A1	Erbse bei Feldaufgang	I
A2	Ackerbohne bei Feldaufgang	I
A3	Lupine bei Feldaufgang	I
A4	Blüte Ackerbohne	I
A5	Blüte Futtererbse	I
A6	Blüte Blaue Lupine ('Borlu')	I
A7	Blüte Blaue Lupine ('Bora')	I
A8	Ackerbohne	I
A9	Futtererbse	I
A10	Blaue Lupine	I
A11	Blaue Lupine	I
A12	Klassifikation der Kohlenhydrate	II
A13	Aufgliederung der Kohlenhydrate (JEROCH <i>et al.</i> 1993)	II
A14	Nicht-Struktur-Kohlenhydrate in Futtermitteln (JEROCH <i>et al.</i> 1993)	II
A15	Struktur-Kohlenhydrate in Pflanzen (nach BAILEY 1973 in JEROCH <i>et al.</i> 1993)	II
A16	Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) (CHOCT <i>et al.</i> 2010)	III
A17	In der Abreife und im Feuchtegehalt heterogenes Erntegut (Lupinen)	III
A18a	Durchgeführte experimentelle Untersuchungen, Arbeitsschritte und analysierte Parameter anhand von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern	IV
A18b	Durchgeführte experimentelle Untersuchungen, Arbeitsschritte und analysierte Parameter anhand von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt	V
A19	Übersicht der untersuchten Leguminosenarten und Sorten im Vertrieb der Saatzuchtunternehmen	VI
A20	Standortcharakter der Versuchsflächen für die pflanzenbauliche Versuchsanstellung	VI
A21	Meteorologische Daten im Feldversuch 2005 und 2006, Monate März bis August im Vergleich zum langjährigen Mittel; gemessen am Institutes für Landnutzung, Lysimeteranlage Satower Str. 48, 18059 Rostock	VII
A22	Agrotechnische Maßnahmen während der pflanzenbaulichen Versuchsanstellung 2005 und 2006	VII
A23	Versuchsanbau der Ackerbohnen-sorten 'Limbo' in den Jahren 2005 und 2006	VIII
A24	Versuchsanbau der Erbsensorte 'Lisa' in den Jahren 2005 und 2006	IX
A25	Versuchsanbau der Lupinensorte 'Borlu' in den Jahren 2005 und 2006	X
A26	Versuchsanbau der Lupinensorte 'Bora' in den Jahren 2005 und 2006	XI
A27	Versuchsanbau der Lupinensorte 'Azuro' in den Jahren 2005 und 2006	XII
A28	Ackerbohnen-samen ('Limbo')	XIII
A29	Futtererbsensamen ('Lisa')	XIII
A30	Blaue Lupinesamen ('Borlu')	XIII
A31	Weißer Lupinesamen ('Amiga')	XIII
A32	Ackerbohnenkörnerschrot ('Limbo')	XIII
A33	Erbsenkörnerschrot ('Lisa')	XIII
A34	Lupinenkörner gequetscht ('Borlu')	XIII
A35	Lupinenkörnerschrot ('Azuro')	XIII

A36	Ernteprotokoll und Probenaufbereitung (Trockensubstanz (TS), Körnerschrot); Feldversuch 2005	XIV
A37	Ernteprotokoll und Probenaufbereitung (Trockensubstanz (TS), Körnerschrot); Feldversuch 2006	XIV
A38	Analyseergebnisse der Melasse	XV
A39	a) Vakuumgerät und b) Modellsilage	XV
A40	Modellsilage bei Öffnung a) Lupine b) Ackerbohne	XV
A41	DLG-Bewertungsschlüssel zur organoleptischen Beurteilung von Gärfutterproben (Auszug) DLG 2004	XVI
A42	Grobfutterbewertung – Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilage auf Basis der chemischen Untersuchung (DLG 2006b)	XVII
A43	Bestimmung der Aminosäuren	XVIII
A44a	Anleitung zur Bestimmung der Phenol- und Tanninfraktionen	XIX
A44b	Pipettierschema der Standardkurve* (in Reagenzgläser) + Extinktionswerte der Eichreihe	XX
A45	Anleitung zur Bestimmung von $\alpha$ -Amino-N im Silageextrakt	XXII
A45a	Mit Ninhydrin angefärbte Eichreihe (100 ml Messkolben)	XXII
A45b	Mechanismus der Ninhydrinreaktion (RÖMPP 1993)	XXII
A45c	Photometrisch gemessene Extinktionswerte der Eichreihe am Beispiel	XXII
A46	Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten	XXIII
A47	Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten (Mittelwert)	XXIV
A48	Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren (Lysin, Methionin + Cystin, Threonin) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern zueinander (Massebezug)	XXIV
A49	Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern	XXV
A50	Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 bzw. 75 % TS; Versuch 2005; n = 3)	XXVI
A51	Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 bzw. 75 % TS; Versuch 2006; n = 3)	XXVI
A52a, b	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern im Ansatz mit aqua dest., 9- und 12 % KCl-Lösung (pH-Wert-Verläufe, n = 3)	XXVII
A53	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)	XXIX
A54	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 9 %iger KCl- Lösung (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)	XXX
A55	Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 12 %iger KCl- Lösung (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)	XXXI

A56	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2005, n = 3)	XXXII
A57	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2006, n = 3)	XXXIII
A58	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2005, n = 3)	XXXIV
A59	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2006, n = 3)	XXXV
A60	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)	XXXVI
A61	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)	XXXVII
A62	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)	XXXVIII
A63	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)	XXXIX
A64	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)	XL
A65	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)	XLI
A66	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)	XLII
A67	PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)	XLIII
A68	Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 5 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut (ca. 65 % TS; Versuch 2005, 2006; n = 3)	XLIV
A69	Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohnschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005; n = 3)	XLV

A70	Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohnschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2006; n = 3)	XLV
A71	Ausgewählte Gärparameter in Erbsenschrotsilagen ('Lisa') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	XLVI
A72	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Borlu') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	XLVII
A73	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Bora') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	XLVIII
A74	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Bitterlupine: 'Azuro') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	XLIX
A75	Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 5 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut (ca. 75 % TS; Versuch 2005, 2006; n = 3)	L
A76	Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohnschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005; n = 3)	LI
A77	Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohnschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2006; n=3)	LI
A78	Ausgewählte Gärparameter in Erbsenschrotsilagen ('Lisa') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	LII
A79	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Borlu') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	LIII
A80	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Bora') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	LIV
A81	Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Bitterlupine: 'Azuro') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)	LV
A82	Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Leguminosenschrotsilagen (ca. 65 % TS; Versuch 2005; n = 3)	LVI
A83	Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Leguminosenschrotsilagen (ca. 75 % TS; Versuch 2005; n = 3)	LVII
A84	Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Ackerbohnschrotsilagen (Sorte: 'Limbo'; Versuch 2006; n = 3)	LVIII
A85	Ausgewählte N-Fractionen im unsilierten Erntegut und in Modellsilagen (ca. 65 % TS) nach 5 bzw. 90 Tagen Lagerung (Versuch 2005; Ackerbohne 2006; n = 3)	LIX
A86	Ausgewählte N-Fractionen im unsilierten Erntegut und in Modellsilagen (ca. 75 % TS) nach 5 bzw. 90 Tagen Lagerung (Versuch 2005; Ackerbohne 2006; n = 3)	LX
A87	Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Leguminosenkörnern (65 % TS, Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)	LXI

A88	Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Lupinenkörnern (65 % TS, Versuch 2005, n = 3)	LXII
A89	Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Leguminosenkörnern (75 % TS, Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)	LXIII
A90	Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Lupinenkörnern (75 % TS, Versuch 2005, n = 3)	LXIV
A91	Galactose, Saccharose und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern und in Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot (34 Tage Inkubation; n = 3)	LXV



# **10 Anhang**



**A1:** Erbse bei Feldaufgang



**A2:** Ackerbohne bei Feldaufgang



**A3:** Lupine bei Feldaufgang



**A4:** Blüte Ackerbohne



**A5:** Blüte Futtererbse



**A6:** Blüte Blaue Lupine ('Borlu')



**A7:** Blüte Blaue Lupine ('Bora')



**A8:** Ackerbohne



**A9:** Futtererbse



**A10:** Blaue Lupine



**A11:** Blaue Lupine

**A12:** Klassifikation der Kohlenhydrate

Monosaccharide	Fructose, Glucose, Galactose
Disaccharide	Saccharose, Lactose, Maltose
Polyole	Isomalt, Sorbitol, Maltitol
Oligosaccharide	
Polysaccharide	Stärke: Amylose, Myloppektin
Polysaccharide	Nicht-Stärke: Cellulose, Pektine, Hydrocolloide

**A13:** Aufgliederung der Kohlenhydrate (JEROCH *et al.* 1993)

Kohlenhydrate				
Kohlenhydrate des Zellinhaltes (Nicht-Strukturkohlenhydrate)			Kohlenhydrate der Zellwand (Strukturkohlenhydrate)	
Mono-/ Disaccharide	Fructosane	Stärke	Cellulose	Matrixpolysaccharide Hemicellulosen Pektine

**A14:** Nicht-Struktur-Kohlenhydrate in Futtermitteln (JEROCH *et al.* 1993)

		Monomere		Bindungsform
Monosaccharide	Glucose			
	Fructose			
Disaccharide	Saccharose		Glucose Fructose	$\alpha$ -/ $\beta$ -(1,2)
	Maltose		Glucose	$\alpha$ -(1,4)
	Lactose		Galactose Glucose	$\beta$ -(1,4)
Polysaccharide	Stärke	Amylose	Glucose	$\alpha$ -(1,4)
		Amylopektin	Glucose	$\alpha$ -(1,4), $\alpha$ -(1,6)
	Glycogen		Glucose	$\alpha$ -(1,4), $\alpha$ -(1,6)
	Fructane	Phlein-Typ	Fructose (Glucose)	$\beta$ -(2,6)
Inulin-Typ		Fructose (Glucose)	$\beta$ -(2,1)	

**A15:** Struktur-Kohlenhydrate in Pflanzen (nach BAILEY 1973 in JEROCH *et al.* 1993)

		Monomere		Bindungsform	
		Hauptkette	Seitenkette	Hauptkette	Seitenkette
1. Pektine und Pektinbegleitstoffe					
Galacturonane	Galacturonsäure		Rhamnose Arabinose Galactose	$\alpha$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,2) $\alpha$ -(1,2) $\alpha$ -(1,2)
Arabinane	Arabinose		Arabinose	$\alpha$ -(1,5)	$\alpha$ -(1,3), $\alpha$ -(1,2)
Arabino-Galactane (Typ 1)	Galactose		Arabinose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,3), $\alpha$ -(1,5)
2. Hemicellulosen und andere Nichtcellulose-Polysaccharide					
a) vorwiegend in vegetativen Pflanzenorganen					
Arabino-Xylane	Xylose		Xylose Arabinose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,2) $\alpha$ -(1,3)
Glucurono-Arabino-Xylane	Xylose		Glucuronsäure Arabinose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,2) $\alpha$ -(1,3)
Xylo-Glucane	Glucose		Xylose Galactose Fucose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,6) $\beta$ -(1,2)
Arabino-Galactane (Typ 2)	Galactose		Galactose Arabinose	$\beta$ -(1,3)	$\beta$ -(1,6) $\beta$ -(1,3)
b) vorwiegend in generativen Pflanzenorganen					
Mannane	Mannose		Galactose (< 10 %)	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,6)
Galacto-Mannane	Mannose		Galactose (> 20 %)	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,6)
Gluco-Mannane	Mannose		Galactose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,6)
$\beta$ -Glucane	Glucose			$\beta$ -(1,4)	
$\beta$ -Glucane	Glucose			$\beta$ -(1,3), $\beta$ -(1,4)	
Galacto-Xylo-Glucane	Glucose		Xylose Galactose	$\beta$ -(1,4)	$\alpha$ -(1,6) $\beta$ -(1,2)
3. Cellulose	Glucose			$\beta$ -(1,4)	

**A16:** Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) (CHOCT *et al.* 2010)

Nicht-Stärke-Polysaccharide		
Cellulose	Nicht-Cellulose-Polymere	Pektine-Polysaccharide
unlöslich in Wasser, alkalische oder verdünnte Säure	Arabinoxylan mit $\beta$ -Glucane, Mannane, Galactane, Xyloglucan, Fructane	Polygalacturonsäure, mit Arabinan, Galactan und Arabinogalactan
	teilweise löslich in Wasser	teilweise löslich in Wasser



**A17:** In der Abreife und im Feuchtegehalt heterogenes Erntegut (Lupinen)



**A18b:** Durchgeführte experimentelle Untersuchungen, Arbeitsschritte und analysierte Parameter anhand von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt

<b>Untersuchungen anhand von: Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörner mit hohem Restfeuchtegehalt</b>			
<b>chemische Analyse <i>in-vitro</i>-Untersuchung</b>			
	<b>Ausgangs- material</b>	<b>Rostocker Fermentationstest</b>	<b>Modellsilagen (Inkubation 5, 15, 50 u. 90 Tage)</b>
<b>Parameter</b>	<b>Arbeitsschritt</b>	<b>1 und 2</b>	<b>3</b>
			<b>5</b>
	Probenanzahl/ Varianten	5 Sorten, Versuch 2005 und 2006, ca. 65 % und 75 % TS aqua dest., 9 % und 12 % KCl; n = 3; 4 Varianten* <sup>6</sup>	
			n = 3; 4 Varianten* <sup>6</sup> Inkubation 5, 15, 50 u. 90 Tage
<b><u>nutritive Inhaltstoffen</u></b>			
<b>Trockensubstanz</b>		20	960
<b>Rohasche</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>Rohprotein</b>		20	576* <sup>2</sup>
<b>Reinprotein</b>	10 (Versuch 2005)		-
<b><math>\alpha</math>-Amino-N</b>		-	288* <sup>3</sup>
<b>Aminosäuren</b>		-	-
<b>Rohfett</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>Rohfaser</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>NDF</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>ADF</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>ADL</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>Stärke</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>Zucker</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b><u>antinutritive Inhaltsstoffe</u></b>			
<b>Alkaloide (Lupine)</b>		20	72 (90 Tage Inkubation)
<b>Oligosaccharide</b>		20	144* <sup>1</sup>
<b>Phytat-Phosphor</b>			-
<b>Tannine (Ackerbohne, Erbse)</b>		20	72* <sup>4</sup>
<b><u>Vergärbarkeit</u></b>			
<b>Pufferkapazität (PK)</b>		20	
<b>Z/PK-Quotient</b>		20	
<b><u>Analysen im Filtrat</u></b>			
<b>pH-Wert</b>		720	960
<b>Gärsäuren</b>		432* <sup>5</sup>	576* <sup>2</sup>
<b>Alkohole</b>		432* <sup>5</sup>	576* <sup>2</sup>
<b>Osmolalität</b>		432* <sup>5</sup>	576* <sup>2</sup>
<b>Osmolalität (Stunde 0)</b>		432* <sup>5</sup>	432* <sup>5</sup>
<b>Ammoniak</b>		-	576* <sup>2</sup>
<b><u>aerobe Stabilität</u></b>			120 (50 Tage Inkubation, Ernte 2006)
<b><u>Gärverlust [% Einwaage]</u></b>			960
<b><u>Energie [MJ ME/kg TS] (berechnet)</u></b>			144

\*<sup>1</sup> beprobt: 90 Tage Inkubation, alle Ernten von 2005 + Ackerbohne 'Limbo' 2006

\*<sup>2</sup> beprobt: alle Inkubationstage, alle Ernten von 2005 + Ackerbohne 'Limbo' 2006

\*<sup>3</sup> beprobt: 5 + 90 Tage Inkubation, alle Ernten 2005 + Ackerbohne 'Limbo' 2006

\*<sup>4</sup> beprobt: 90 Tage Inkubation, Ackerbohne + Erbse 2005 + Ackerbohne 'Limbo' 2006

\*<sup>5</sup> beprobt: alle Ernten 2005 + Ackerbohne 'Limbo' 2006, Inkubation 5, 15, 50 und 90 Tage

\*<sup>6</sup> Varianten: Kontrolle, Melasse, Milchsäurebakterien (MSB), Melasse + MSB

**A19:** Übersicht der untersuchten Leguminosenarten und Sorten im Vertrieb der Saatzuchtunternehmen

Art	Sorte	Zulassung* <sup>1</sup>	Saatzuchtorganisation	Vermerk
<b>Ackerbohne</b>	'Limbo'		Lochow-Petkus-GmbH	standfeste, spätere Sorte, mittlere bis gute Erträge und Proteingehalte, geringe Anfälligkeit für Botrytis, ab 2008 nicht im Vertrieb
	'Scirocco'	DE 147, IE 212, LV 48, UK 581	Futtermittelhandel/ Norddeutsche Pflanzenzucht AG	kurze, standfeste Sorte mit stabilen, überdurchschnittlichen Erträgen auch auf leichteren Standorten, neigt zu Bohnenrost
<b>Futtererbse</b>	'Lisa'	DE 265	Südwestsaat GbR	
	'Phönix'	PL 588	Südwestsaat GbR	
	'Santana'	DE 129, CZ 213, AT	Lochow-Petkus-GmbH	
	'Sponsor'	594	Lochow-Petkus-GmbH	2006/ 07 abgemeldet* <sup>2</sup>
	'Laser'	FR 11258	Lochow-Petkus-GmbH	seit 2009 nicht im Vertrieb
<b>Blaue Lupine (süß)</b>	'Catania'		Lochow-Petkus-GmbH	seit 2009 nicht im Vertrieb
	'Sonet'	PL 1	Kruse Saatzucht GmbH	
	'Boltensia'		Saatzucht Steinach GmbH	nicht im Vertrieb
	'Boruta'	DE 185	Saatzucht Steinach GmbH	
	'Borweta'		Saatzucht Steinach GmbH	nicht im Vertrieb
	'Bolivio'		Saatzucht Steinach GmbH	Januar 2006 abgemeldet* <sup>2</sup>
	'Bordako'		Saatzucht Steinach GmbH	Dezember 2006 abgemeldet* <sup>2</sup>
	'Borlu'	DE 185, AT 508	Saatzucht Steinach GmbH	ertrags-/ parameterstabil, stabile Proteinerträge
	'Bora'	DE 185	Saatzucht Steinach GmbH	ertrags-/ parameterstabil, stabile Proteinerträge, Anthraknoseresistenz
	<b>(bitter)</b>	'Azuro'	DE 61	Kruse Saatzucht GmbH
'Rubine'			Saatzucht Dr. Hege GbRmbH/ Fa. Rudloff Feldsaaten	seit 2005 nicht im Vertrieb
'Rubesta'		IT 185	Freudenberger GmbH; D'Eugenio Sementi Via Bonifica del Salinello	
<b>Gelbe Lupine (süß)</b>	'Bornal'		Saatzucht Steinach GmbH	seit 2010 nicht im Vertrieb
	'Borsaja'		Saatzucht Steinach GmbH	Dezember 2004 abgemeldet* <sup>2</sup>
<b>Weißer Lupine (süß)</b>	'Amiga'	CZ 335, FR 8444	Südwestsaat GbR	seit 2011 nicht im Vertrieb
	'Bardo'		Saatzucht Dr. Hege GbRmbH	Ende 2004 abgemeldet* <sup>2</sup>
	'Weibit'		Südwestsaat GbR	seit 2011 nicht im Vertrieb

\*<sup>1</sup> EU-Zulassungsland: Gemeinsamer Sortenkatalog für Landwirtschaftliche Pflanzenarten (2010), 29. Gesamtausgabe, 2010/C 337 A/01, (Nummer: vom Zulassungsland vorgesehenen Verantwortlichen für die Erhaltungszüchtung); <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:337A:0001:0660:DE:PDF>

\*<sup>2</sup> nicht in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes aufgeführt

**A20:** Standortcharakter der Versuchsflächen der pflanzenbaulichen Versuchsanstellung

Standort		ILN* <sup>1</sup>	LALLF* <sup>2</sup>
<b>Höhenlage</b>		45–47 m über NN	45–47 m über NN
<b>Klimadaten</b>	Klima	stark maritim beeinflusst	stark maritim beeinflusst
	im langjährigen Mittel		
	Jahresdurchschnittstemperatur	8,1 °C	8,1 °C
	Jahresniederschlagssumme	593 mm	593 mm
<b>Boden- verhältnisse</b>	Moränensand über tiefem Moränenlehm	zeitweilige Vernässung	
	Tongehalte im Ap-Horizont (30 cm)	6,6–8,7 %	k. A.
	Schluffgehalte	22–27 %	k. A.
	organischer Substanz	1,5–1,8 %	k. A.
	Kationenaustauschkapazität	6–7 mval 100 g <sup>-1</sup>	k. A.
	natürliche Standorteinheit	D4N	D4N
	Bodenart	SI bis IS	SI bis IS
	Ackerzahl	45	45

\*<sup>1</sup> ILN: Institut für Landnutzung der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät Rostock; \*<sup>2</sup> LALLF :Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern; k. A.: keine Angaben

**A21:** Meteorologische Daten im Feldversuch 2005 und 2006; Monate März bis August im Vergleich zum langjährigen Mittel; gemessen am Institut für Landnutzung, Lysimeteranlage Satower Str. 48, 18059 HRO

	März	April	Mai	Juni	Juli	August
<b>Niederschlag [NS mm] LJM (1980–2002)</b>	44,0	35,0	52,0	72,0	65,0	61,1
<b>2005 NS [mm] Durchschnitt</b>	26,8	13,8	50,4	47,7	67,3	50,1
<b>2006 NS [mm] Durchschnitt</b>	53,0	34,3	49,8	51,8	21,9	20,9*
<b>Temperatur [T °C] LJM (1961–1999)</b>	2,8	6,5	11,5	15,4	16,7	16,6
<b>2005 Temperatur °C mittel 2 m Höhe</b>	1,6	7,9	11,8	14,6	17,7	15,5
<b>2006 Temperatur °C mittel 2 m Höhe</b>	-0,1	7,0	12,3	16,3	21,2	17,0

\* Summe der NS in mm vom 1.8.2006 bis 10.8.2006; LJM = Langjährige Mittel (Niederschlag: Rostock, Satower Str. (1980–2002) und Lufttemperatur: Station Graf-Lippe-Str., Rostock (1961–1999))

**A22:** Agrotechnische Maßnahmen während der pflanzenbaulichen Versuchsanstellung 2005 und 2006

Feldversuch	2005		2006	
	Fläche	Vorfrucht	Fläche	Vorfrucht
Ackerbohne ('Limbo')	ILN* <sup>1</sup>	Kartoffel	ILN	Kartoffel
Erbse ('Lisa')	ILN	Kartoffel	ILN	Winterweizen
Süßlupine ('Borlu')	ILN	Hafer	ILN	Winterweizen
Süßlupine ('Bora')	ILN	Kartoffel	ILN	Winterweizen
Bitterlupine ('Azuro')	LALLF* <sup>2</sup>	Umbruchsfläche	LALLF	Winterweizen
<b>Saatbettbereitung</b>	<b>Datum</b>		<b>Datum</b>	
	11.11.04	Herbstfurche (tief)	21.11.05	Herbstfurche (tief)
	31.03.05	Scheiben- und Kreiselegge	12.04.06	Grubber
			21.04.06	Kreiselegge
<b>Aussaat (ca. 1800m<sup>2</sup>)</b>		<b>kg/ha (kfK/m<sup>2</sup>)</b>		<b>kfK/m<sup>2</sup> (kg/ha)</b>
'Limbo'	11.04.05	301,6 kg/ha (ca. 50 kfK/m <sup>2</sup> )	25.04.06	303 kg/ha (60 kfK/m <sup>2</sup> )
'Lisa'	20.05.05	180 kg/ha	24.04.06	252 kg/ha (100 kfK/m <sup>2</sup> )
'Borlu'	31.03.05	239 kg/ha (140 kfK/m <sup>2</sup> )	24.04.06	204 kg/ha
'Bora'	11.04.05	163,8 kg/ha (ca. 90 kfK/m <sup>2</sup> )	24.04.06	175 kg/ha (110 kfK/m <sup>2</sup> )
'Azuro'	11.04.05	k. A.	26.04.06	k. A.
<b>agrotechnische Maßnahmen</b>		<b>Vorauflauf</b>		<b>Vorauflauf</b>
'Limbo'	13.04.05	Stomp (4 l/ha)	26.04.06	Stomp (4 l/ha)
'Lisa'	23.05.05	Stomp (4 l/ha)	26.04.06	Stomp (4 l/ha)
'Borlu'	04.04.05	Fenikan (1 l/ha)	25.04.06	GardoGold (4 l/ha)
	13.04.05	Fenikan (1 l/ha)		
'Bora'	13.04.05	Fenikan (1 l/ha)	25.04.06	GardoGold (4 l/ha)
'Azuro'		k. A.		k. A.
		<b>Herbizid/ Insektizid</b>		<b>Herbizid/ Insektizid</b>
'Limbo'	10.05.05	Fusilade (2 l/ha)	22.05.06	Fusilade (2 l/ha)
	22.06.05	Trafo WG (150 g/ha)	13.07.06	Karate Zeon + Folicur
'Lisa'	14.06.05	Basagran + Fusilade (je 2 l/ha)	22.05.06	Fusilade (2 l/ha)
'Borlu'	10.05.05	Fusilade (2 l/ha)		-
'Bora'	10.05.05	Fusilade (2 l/ha)		-
'Azuro'		-		-

\*<sup>1</sup> ILN: Institut für Landnutzung der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät Rostock; \*<sup>2</sup> LALLF: Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern; k. A.: keine Angaben; kfK: keimfähige Körner



	Anbaujahr 2005				Anbaujahr 2006			
	BBCH-Code	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	
<b>Aussaat</b>		11.4.05			25.4.06			
<b>Keimung</b>	<b>01-09</b>							
<b>Blattentwicklung</b>								
Niederblatt	10							
1. Laubblatt	11							
2. Laubblatt	12	28-32	12	10				
6. Laubblatt	16	35-44	14-16	20	25-35	13-16	20	
9. Laubblatt	19							
<b>Seitenspross</b>								
kein Spross	20							
2. Spross	22							
9 oder mehr Seitensprosse sichtbar	29							
<b>Längenwachstum</b>								
Beginn	30							
1. sichtbar gestrecktes Internodium	31	49	32	30	45	32	30	
9 oder mehr sichtbar gestreckte Internodien	39							
<b>Blütenanlage</b>								
Blütenknospe von Blätter umhüllt	50							
erste Blütenknospen sichtbar	51							
erste Einzelblüten (geschlossen)	55				50	50-59	40-50	
Blüten noch geschlossen	59	56	51-60	40	55	61	55	
<b>Blüte</b>								
Beginn	61	63	63	55	56	61-63	55	
Vollblüte	65	71	65	60	63			
Abgehende Blüte	67	77	69	70-80				
Ende der Blüte	69				70	69	85	
<b>Fruchtentwicklung</b>								
10 % sortenspezifische Größe	71	84	69-71	70-80	70	71	85	
50 % sortenspezifische Größe	75	90	73	78	80	75-76	85	
Grünreife	79	98-105	79	80	85-90	79	85	
<b>Reife</b>								
Samen grün	80	98-105	80	80				
50 % der Hülsen reif und dunkel	85	112	85	80	95	85	85	
Samen trocken hart								
80 % der Hülsen reif, Samen trocken hart	88	120	85-88	80	96	87	85	
Vollreife	89							
<b>Absterben</b>								
50 % der Stengel schwarz	95	125	95	80				
Pflanze abgestorben	97							
Erntegut	99							
<b>Erntedatum</b>								
ca. 65 % TS		15.08.05	95	88	01.08.06	88	85	
ca. 75 % TS		15.08.05			01.08.06			

	Anbaujahr 2005				Anbaujahr 2006		
	BBCH-Code	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]
<b>Aussaat</b>		23.5.05			24.04.06		
<b>Keimung</b>	<b>01-09</b>				0-15	00-09	1
<b>Blattentwicklung</b>							
Niederblatt	10	10	10	5			
1. Laubblatt mit Ranke	11						
2. Laubblatt mit Ranke	12				26	13	20
9. Laubblatt und Ranken	19				37	15-22	30
<b>Längenwachstum</b>							
Beginn	30				37	30	30
1. sichtbar gestrecktes Internodium	31	38	19-30	20			
9 oder mehr gestreckte Internodien	39	49	60	60-65	43	39-50	40
<b>Blütenanlage</b>							
erste Blütenknospen sichtbar	51				52	51	60
erste Einzelblüten (geschlossen)	55	49	60	60-65			
Blüten noch geschlossen	59				57	55	60
<b>Blüte</b>							
Beginn 10 %	61	49	60	60-65	60	61	60
Vollblüte 50 %	65	59-66 (61)	60-70	50-65	65	65	60
Abgehende Blüte	67	68	69	50-60			
Ende der Blüte	69						
<b>Fruchtentwicklung</b>							
10 % sortenspezifische Länge	71				70	71	60
50 % sortenspezifische Länge	75	73	69-73				
Grünreife	79	73-93	74-76		78	79	
<b>Reife (Samen arttypisch, trocken)</b>							
10 % der Hülsen reif	81	93	80-82				
50 % der Hülsen reif	85				85	85	
60 % der Hülsen reif	86						
70 % der Hülsen reif	87	95	85-88				
80 % der Hülsen reif	88						
Vollreife	89	99	88				
<b>Absterben</b>							
50 % der Stengel schwarz	95						
Pflanze abgestorben	97						
Erntegut	99						
<b>Erntedatum</b>							
ca. 65 % TS		30.08.05	88		24.07.06	88	
ca. 75 % TS		30.08.05			24.07.06		

	Anbaujahr 2005			Anbaujahr 2006			
	BBCH-Code	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]
<b>Aussaat</b>		31.3.05			24.4.06		
<b>Keimung</b>	<b>01-09</b>	0-15	00-09		0-8	01-09	
<b>Aufgang</b>	<b>10-20</b>	18	11				
<b>Rosettenstadium</b>							
<b>1. und 2. Blatt entfaltet</b>	<b>21</b>	39	21	10	26	21	10-15
<b>3. und 4. Blatt entfaltet</b>	<b>23</b>						
<b>Ende der Rosettenbildung</b>	<b>29</b>	46-48	25-30	15-20			
<b>Sprossentwicklung</b>							
<b>6. Blatt entfaltet</b>	<b>31</b>				37	31	20-30
<b>11 und mehr Blätter entfaltet</b>	<b>39</b>	53	31-39	25	43	31-39	30-40
<b>Knospenbildung</b>							
<b>Blütenknospe an der Spitze</b>	<b>53</b>	61	53	30-40	52	53-61	60-65
<b>erste Blütenblätter sichtbar</b>	<b>57</b>	68	55-57	40-50			
<b>Blüte</b>							
<b>erste Blüten blühen</b>	<b>61</b>	75	61	50	57	63	65
<b>75 % der Blüten blühen</b>	<b>63</b>	81	66	55	60	63	70
<b>verblüht</b>	<b>69</b>				65	69-71	75
<b>Hülsenentwicklung</b>							
<b>erste Hülsen sichtbar</b>	<b>71</b>				65	69-71	75
<b>75 % der Hülsen sichtbar</b>	<b>73</b>	89	69-73	60			
<b>erste Hülsen volle Größe</b>	<b>77</b>	96	77	60-70	71	69-77	80
<b>75 % der Hülsen volle Größe</b>	<b>79</b>	103	79	60-70	78	77-79	80
<b>Abreife</b>							
<b>Grünreife</b>	<b>81</b>	110	81	70	85	81	80
<b>erste Hülse braun</b>	<b>83</b>	117	83	70	91	83	80
<b>Gelbreife</b>	<b>87</b>	121-123	84	70	94	83-87	80
<b>Reife: Samen nicht eindrückbar</b>	<b>89</b>	124-128	88	70			
<b>Erntedatum</b>							
<b>ca. 65 % TS</b>		03.08.06	87	70	03.08.06	88	80
<b>ca. 75 % TS</b>		16.08.05	88		03.08.06		

	Anbaujahr 2005				Anbaujahr 2006			
	BBCH-Code	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	
<b>Aussaat</b>		11.4.05			24.4.06			
<b>Keimung</b>	<b>01-09</b>	0-7	07-09	3				
<b>Aufgang</b>	<b>10-20</b>	10-14	11-15	3-5	8	01-09		
<b>Rosettenstadium</b>								
1. und 2. Blatt entfaltet	21	22	21	10	26	21	10-15	
3. und 4. Blatt entfaltet	23	32-37	23-25	10-20				
Ende der Rosettenbildung	29							
<b>Sprossentwicklung</b>								
6. Blatt entfaltet	31	42	31	20-25	37	31-35	20-30	
11 und mehr Blätter entfaltet	39	49	39	30	43	35-39	30-40	
<b>Knospenbildung</b>								
Blütenknospe an der Spitze	53	55	53	40				
erste Blütenblätter sichtbar	57	63	57-61	50	52	53-57	50	
<b>Blüte</b>								
erste Blüten blühen	61	63	57-61	50	57	61	55	
75 % der Blüten blühen	63	70-72	63-65	60	60	63-67	60	
verblüht	69	72-75	69	60	65	69-71	60-65	
<b>Hülsenentwicklung</b>								
erste Hülsen sichtbar	71	77	71	60				
75 % der Hülsen sichtbar	73	84	73-75	60-65				
erste Hülsen volle Größe	77				71	73-77	65	
75 % der Hülsen volle Größe	79	90	77-79	60-65	78	79	65	
<b>Abreife</b>								
Grünreife	81	98	79-81	60-65	85	81- 83	65	
erste Hülse braun	83	105	81-83	60-65	91	83-87	65	
Gelbreife	87	109-111	85	60-65	94	87	65	
Reife: Samen nicht eindrückbar	89	116	88	60-65				
<b>Erntedatum</b>								
ca. 65 % TS		10.08.05	88	60-65	28.07.06	89	65	
ca. 75 % TS		04.08.05	88		28.07.06			

	Anbaujahr 2005				Anbaujahr 2006			
	BBCH-Code	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	Datum Tage nach Aussaat	BBCH-Code	Wuchshöhe [cm]	
<b>Aussaat</b>		11.4.05			26.4.06			
<b>Keimung</b>	<b>01-09</b>	0-17	00-09	3				
<b>Aufgang</b>	<b>10-20</b>	22	11-15	5	13	15-21	5	
<b>Rosettenstadium</b>								
1. und 2. Blatt entfaltet	21	28	21	10-15	21	21	15	
3. und 4. Blatt entfaltet	23	35	21-23	10	21-25	21-25		
Ende der Rosettenbildung	29							
<b>Sprossentwicklung</b>								
6. Blatt entfaltet	31	42	31-33	15-20	35	31	20-25	
11 und mehr Blätter entfaltet	39	49	39	20-25	35-45	35-39	30-40	
<b>Knospenbildung</b>								
Blütenknospe an der Spitze	53	63	53	40-50	49	53	55-60	
erste Blütenblätter sichtbar	57	70	57-61	50				
<b>Blüte</b>								
erste Blüten blühen	61				57	61	75	
75 % der Blüten blühen	63	77	63-65	60	60	61-63	75	
verblüht	69				67	65-67	75	
<b>Hülsenentwicklung</b>								
erste Hülsen sichtbar	71	84	71	65				
75 % der Hülsen sichtbar	73	95	73	70	76	73-77	75	
erste Hülsen volle Größe	77							
75 % der Hülsen volle Größe	79	112	79	70	79	77-79	75	
<b>Abreife</b>								
Grünreife	81	115	81	70	83	77-79	75	
erste Hülse braun	83	120	83	70	96	83	75	
Gelbreife	87	130	83-86	70	98	87	75	
Reife: Samen nicht eindrückbar	89				102	89	75	
<b>Erntedatum</b>								
ca. 65 % TS		24.08.2005	88	70	11.8.06	88.0	75	
ca. 75 % TS		24.08.2005	88		11.8.06			



**A28:** Ackerbohnsensamen ('Limbo')



**A29:** Futtererbsensamen ('Lisa')



**A30:** Blaue Lupinesamen ('Borlu')



**A31:** Weiße Lupinesamen ('Amiga')



**A32:** Ackerbohnenkörnerschrot ('Limbo')



**A33:** Erbsenkörnerschrot ('Lisa')



**A34:** Lupinenkörner gequetscht ('Borlu')



**A35:** Lupinenkörnerschrot ('Azuro')

**A36:** Ernteprotokoll und Probenaufbereitung (Trockensubstanz (TS), Körnerschrot); Feldversuch 2005

Sorte	Ziel-TS [%]	Erntetermin	TS [%] Erntegut	TS- Regulierung	TS [%] Siliergut	Schrotbild im Siliergut
'Limbo'	65	15.08.05	80,0	Zugabe von aqua dest.	65,3	Schrot fein
'Limbo'	75	15.08.05	78,8	Zugabe von aqua dest.	75,6	Schrot fein
'Lisa'	65	30.08.05	80,0	Zugabe von aqua dest.	64,4	Schrot grob Körner angeschlagen
'Lisa'	75	30.08.05	80,0	Zugabe von aqua dest.	75,1	Schrot grob Körner angeschlagen
'Borlu'	65	03.08.05	67,0		67,2	Schrot fein
'Borlu'	75	16.08.05	81,0	Verschnitt mit Korn (55 % TS)*	73,9	Schrot grob Körner angeschlagen
'Bora'	65	10.08.05	77,1	Verschnitt mit Korn (43 % TS)*	67,1	Schrot fein
'Bora'	75	04.08.05	74,6		74,6	Schrot grob Körner angeschlagen
'Azuro'	65	24.08.05	70,0	Verschnitt mit Korn (55 % TS)*	66,1	Schrot fein
'Azuro'	75	24.08.05	70,0		70,8	Schrot grob Körner angeschlagen

Ackerbohne ('Limbo'); Erbse ('Lisa'); Blaue Süßlupine ('Borlu', 'Bora'); Blaue Bitterlupine ('Azuro'); \* der TS-Gehalt war aufgrund der unterschiedlichen Abreife innerhalb eines Leguminosenbestandes oft sehr heterogen. Daher wurde das betreffende Druschgut in einer Rüttelsiebapparatur nach Korngrößen getrennt, wobei große Körner aufgrund des weniger fortgeschrittenen Reifestadiums geringere TS-Gehalte aufwiesen. Zum Einstellen der gewünschten Trockensubstanz von ca. 65 % bzw. 75 % erfolgte eine gezielte Vermengung der verschiedenen TS-Stufen.

**A37:** Ernteprotokoll und Probenaufbereitung (Trockensubstanz (TS), Körnerschrot); Feldversuch 2006

Sorte	Ziel-TS [%]	Erntetermin	TS [%] Erntegut	TS- Regulierung	TS [%] Siliergut	Schrotbild im Siliergut
'Limbo'	65	01.08.06	80,3	Zugabe von aqua dest.	66,9	Schrot grob Körner angeschlagen
'Limbo'	75	01.08.06	80,3	Zugabe von aqua dest.	77,0	Schrot grob Körner angeschlagen
'Lisa'	65	24.07.06	82,0	Zugabe von aqua dest.	67,0	Schrot grob Körner angeschlagen
'Lisa'	75	24.07.06	82,3	Zugabe von aqua dest.	76,2	Schrot grob Körner angeschlagen
'Borlu'	65	03.08.06	80,0	Zugabe von aqua dest.	65,5	Körner mit Maiskracker gequetscht
'Borlu'	75	03.08.06	80,0	Zugabe von aqua dest.	75,2	Körner mit Maiskracker gequetscht
'Bora'	65	10.08.06	72,6	Zugabe von aqua dest.	66,2	Schrot grob Körner angeschlagen
'Bora'	75	04.08.06	81,7	Zugabe von aqua dest.	77,5	Schrot grob Körner angeschlagen
'Azuro'	65	24.08.06	81,1	Zugabe von aqua dest.	66,6	Körner mit Maiskracker gequetscht
'Azuro'	75	24.08.06	81,1	Zugabe von aqua dest.	76,4	Körner mit Maiskracker gequetscht

Ackerbohne ('Limbo'); Erbse ('Lisa'); Blaue Süßlupine ('Borlu', 'Bora'); Blaue Bitterlupine ('Azuro')



**A38: Analyseergebnisse der Melasse\***

Parameter		Labor-Nr.: 33505
<b>Trockensubstanz</b>	[%]	76,16
<b>pH-Wert</b>		8,15
<b>Rohasche</b>	[% OS]	6,5
<b>Rohprotein</b>	[% OS]	10,0
<b>Rohfaser</b>	[% OS]	0
<b>Zucker</b>	[% OS]	50,6
<b>K</b>	[g/kg OS]	35,08
<b>Na</b>	[g/kg OS]	5,45
<b>Mg</b>	[g/kg OS]	0,061
<b>P</b>	[g/kg OS]	0,147
<b>Ca</b>	[g/kg OS]	1,45
<b>Cu</b>	[mg/kg OS]	2,07
<b>Mn</b>	[mg/kg OS]	38,8
<b>Zn</b>	[mg/kg OS]	29,1
<b>Co</b>	[mg/kg OS]	0,83
<b>Se</b>	[mg/kg OS]	< 0,02
<b>Schwefel</b>	[% OS]	0,31
<b>Chlorid</b>	[% OS]	0,13

\*analysiert durch das Umwelt- und Agrarlabor GmbH Fehrbellin



**A39a:** Vakuumiergerät



**A40a:** Modellsilage (Lupine) bei Öffnung



**A39b:** Modellsilage



**A40b:** Modellsilage (Ackerbohne) bei Öffnung



**A41:** DLG-Bewertungsschlüssel zur organoleptischen Beurteilung von Gärfutterproben (Auszug) DLG 2004

Parameter		Abzug			
<b>Geruch</b>	a) Buttersäure (Geruch ranziger Butter)	nicht wahrnehmbar	0		
		schwach, erst nach Fingerprobe wahrnehmbar	2		
		auch ohne Fingerprobe schwach wahrnehmbar	3		
		aus ca. 1 m Entfernung deutlich wahrnehmbar	5		
		schon aus einiger Entfernung stark fäkalartig	7		
	b) Essigsäure (stechender Geruch)	nicht wahrnehmbar	0		
		schwach wahrnehmbar	1		
		deutlich wahrnehmbar	2		
	c) Erwärmung (Röstgeruch)	stark wahrnehmbar, unangenehm und stechend	4		
		nicht wahrnehmbar	0		
		schwacher Röstgeruch, angenehm	1		
		deutlicher Röstgeruch, leicht rauchig	2		
	d) Hefen (mosartiger, gärriger Geruch)	starker Röstgeruch, brandig, unangenehm	4		
		nicht wahrnehmbar	0		
		schwach wahrnehmbar	1		
	e) Schimmel (muffiger Geruch)	deutlich wahrnehmbar	2		
		stark wahrnehmbar, gärrig	4		
nicht wahrnehmbar		0			
schwach wahrnehmbar		3			
<b>Farbe</b>	a) Bräunung	deutlich wahrnehmbar	5		
		stark wahrnehmbar, gärrig	7		
		normale Farbe	0		
		bräunlicher als normal	1		
	b) Vergilbung	deutlich gebräunt	2		
		stark gebräunt	4		
		normale Farbe	0		
		gelblicher als normal	1		
		deutlich ausgebleichen	2		
	c) sonstige Beobachtungen	stark ausgebleichen	4		
		giftgrün durch starke Buttersäuregärung sichtbarer Schimmelbefall: Silage nicht verfüttern!	7		
<b>Gefüge</b>	Pflanzenteile nicht angegriffen	0			
	Pflanzenteile nur an Schnittstellen leicht angegriffen	1			
	Blätter deutlich angegriffen, schmierig	2			
	Blätter und Halme stark angegriffen, verrottet	4			
<b>pH-Wert</b>	<b>bis 20 % TS</b>	<b>21–30 % TS</b>	<b>31–45 % TS</b>	<b>&gt; 45 % TS</b>	
	< 4,2	< 4,4	< 4,6	< 4,8	0
	4,2	4,4	4,6	4,8	1
	4,6	4,8	5,0	5,2	2
	5,0	5,2	5,4	5,6	3
	5,4	5,6	5,8	6,0	4
> 5,4	> 5,6	> 5,8	> 6,0	5	
<b>Beurteilung der Gärqualität – Summe Punkte für Qualitätsabzug</b>					
	<b>ohne pH-Wert</b>	<b>mit pH-Wert</b>	<b>Urteil</b>	<b>Note</b>	
	0–1	0–2	sehr gut	1	
	2–3	3–5	gut	2	
	4–5	6–8	verbesserungsbedürftig	3	
	6–8	9–11	schlecht	4	
	> 8	> 11	sehr schlecht	5	

**A42:** Grobfutterbewertung – Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilage auf Basis der chemischen Untersuchung (DLG 2006b)

1. Beurteilung des Buttersäure- und Essigsäuregehaltes			
Buttersäuregehalt* <sup>1</sup>		Essigsäuregehalt* <sup>2</sup>	
Buttersäure [% der TM]	Punkte	Essigsäure [% der TM]	Punkte
0–0,3	90	bis 3	0
> 0,3–0,4	81	> 3,0–3,5	-10
> 0,4–0,7	72	> 3,5–4,5	-20
> 0,7–1,0	63	> 4,5–5,5	-30
> 1,0–1,3	54	> 5,5–6,5	-40
> 1,3–1,6	45	> 6,5–7,5	-50
> 1,6–1,9	36	> 7,5–8,5	-60
> 1,9–2,6	27	> 8,5	-70
> 2,6–3,6	18		
> 3,6–5,0	9		
> 5,0	0		

\*<sup>1</sup> Buttersäuregehalt hier = Summe aus i-Buttersäure, n-Buttersäure, i-Valeriansäure, n-Valeriansäure und n-Caprinsäure; \*<sup>2</sup> Essigsäuregehalt = Essigsäure + Propionsäure; TM: Trockenmasse

2. Berücksichtigung des pH-Wertes					
unter 30 % TM		30–45 % TM		über 45 % TM	
pH	Punkte	pH	Punkte	pH	Punkte
bis 4,0	10	bis 4,5	10	bis 5,0	10
> 4,0–4,3	5	> 4,5–4,8	5	> 5,0–5,3	5
> 4,3–4,6	0	> 4,8	0	> 5,3	0
> 4,6	-5				

3. Bewertung		
Gesamtpunktzahl (Summe: Tabelle 1 und 2)	Gärqualität	
	Note	Urteil
100–90	1	sehr gut
89–72	2	gut
71–52	3	verbesserungsbedürftig
51–30	4	schlecht
< 30	5	sehr schlecht

**A43:** Bestimmung der Aminosäuren

1. saure Hydrolyse

2 g Einwaage werden mit 60 ml 6n HCl in 250 ml Blutkonservenflaschen 22 h im Trockenschrank bei 110 °C hydrolysiert. Nach dem Abkühlen in 250 ml Kolben überführen und filtrieren. Filtrat bestimmen.

2. oxidierte Hydrolyse

2 g Einwaage in 250 ml Blutkonservenflaschen mit 10 ml Oxidationsgemisch (Ameisensäure + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> im Verhältnis 9 : 1) versetzen und eine Nacht im Kühlschrank aufbewahren. Mit 1n Kaliumpermanganatlösung versetzen bis keine Entfärbung mehr stattfindet, dann 60 ml 6n HCl dazugeben und ebenfalls 22 h bei 110 °C im Trockenschrank hydrolysieren. Nach dem Abkühlen in 500 ml Kolben überführen und filtrieren. Filtrat bestimmen.

Gerät:	HPLC-Anlage von Shimadzu-Deutschland GmbH
Trennsäule:	Kation-Säule Na-Form für Aminosäureanalytik - LC K06 von der Firma GROM Analytik + HPLC GmbH
Temperaturprogramm:	57–80 °C
Durchfluss:	Puffer = 0,45 ml/min Ninhydrin = 0,25 ml/min

Ninhydrinreagenz

10 g Ninhydrin in 250 ml Azetatpuffer pH 5,5 + 750 ml Ethylenglykolmonomethylether gelöst. Dazu werden 0,6 g Hydrindantin gegeben.

Puffer:

- a. pH 3,20 (auf 1 l auffüllen)
  - 19,6 g Na-citrat
  - 12,5 ml HCl (konz.)
  - 80 ml Ethanol, unvergällt
  
- b. pH 4,20 (auf 1 l auffüllen)
  - 19,6 g Na-citrat
  - 9 ml HCl (konz.)
  
- c. pH 6,45 (auf 1 l auffüllen)
  - 19,6 g Na-citrat
  - 1 ml HCl (konz.)
  - 53,4 g Na-Chlorid
  
- d. pH 5,5 (auf 1 l auffüllen)
  - 544 g Na-azetat x 3H<sub>2</sub>O
  - 100 ml Essigsäure (konz.)

**A44a:** Anleitung zur Bestimmung der Phenol- und Tanninfraktionen

Hausmethode der Universität Hohenheim basierend auf:

MAKKAR & GOODCHILD (1996) und PORTER *et al.* (1986) – kondensierte Tannine;

SINGLETON & ROSSI (1965) – Gesamtphenole

Probenvorbereitung

KUHLA & EBMEIER (1981), HAGERMAN (2002) bzw. MAKKAR (2003) weisen auf die Bedeutung der Probenaufbereitung und das Verfahren der Extrakterstellung hin. Nach diesen methodischen Empfehlungen wurde sich bei der Analyse gerichtet. Bei der Feinstzerkleinerung kurz vor der Analyse ist vor allem bei grobem Schalenmaterial der Körner auf eine einheitliche Partikelhomogenität des Mehles zu achten. Die gemahlene Proben werden in braunen Flaschen aufbewahrt. Eine TS-Bestimmung aller Proben parallel zu den Untersuchungen ist notwendig.

Chemikalien:

Aceton (Merck Nr. 14.2500)

n-Butanol (Merck Nr. 1990.1000)

HCl (37 % rauchend; Merck Nr. 317.1000)

(NH<sub>4</sub>)Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (Merck Nr. 3776.0100)

Folin-Ciocalteus-Lösung, 2n (Merck Nr. 9001.0500)

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> x 10H<sub>2</sub>O (Merck Nr. 6391.1000)

PVPP (Polyvinylpyrrolidone)

Tanninsäure (als Standard) (Merck Nr. 1.00773.1000)

Lösungen (Lsg.):

1. 70 % Aceton (700 ml Aceton + 300 ml aqua dest.)
2. Butanol-HCl (95 ml n-Butanol + 5 ml konz. HCl (37 %))
3. 2 g (NH<sub>4</sub>)Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> mit 2n HCl (Lösung 5) auf 100 ml auffüllen
4. 1n Folin-Ciocalteus-Lösung 1:1 mit aqua dest. verdünnen
5. ca. 2n HCl (3,8 g HCl konz., d. h. ca. 16 ml HCl konz. mit aqua dest. auf 100 ml auffüllen)
6. Soda-Lösung: 88,5 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> x 10H<sub>2</sub>O auf 500 ml auffüllen (erwärmen)
7. Standard-Lösung: 12,5 mg Tannin werden in einem 25 ml Messkolben mit eisgekühlter Lösung 1 gelöst und mit aqua dest. aufgefüllt

Stamm-Extrakt:

Die lufttrockene Feinprobe (2 x 100 mg) werden in Zentrifugengläser (innerer Durchmesser ca. 13 mm) eingewogen und mit 10 ml gekühltem Aceton (Lsg. 1) extrahiert (nach Zugabe von 3 ml Aceton wird kräftig gemischt, dann spült man mit den restlichen 7 ml die Glaswandung des Zentrifugenglases). Die Gläser werden dann für 2 x 5 min ins Ultraschallbad (Eiswasser) gestellt. Dann zentrifugiert man die Proben 15 min bei 4 °C (3000 g, Kühlzentrifuge 4800 UPM). Der phenolische Extraktüberstand wird für die am selben Tag stattfindenden Analysen von Gesamtphenol und den Tanninfraktionen kühl und dunkel gelagert. Da alle Analysen auf der vorherigen Extraktion basieren ist die kontinuierliche und einheitliche Behandlung der Proben für die Reproduzierbarkeit entscheidend.

kondensierte Tannine (KT)

Die Menge an kondensierten Tanninen (extrahierbare KT) wurde nach der Methode von MAKKAR & GOODCHILD (1996) basierend auf der Butanol/ HCl-Methode (PORTER *et al.* 1986) ermittelt. Diese Methode ist für Proanthocyanidine als ein Hauptbestandteil von Tanninen spezifisch. Dabei wird der tanninhaltige Extrakt (250 µl oder eine Mischung aus Extrakt + Lsg. 1, Mischungsverhältnis durch Vorprobe ermitteln) mit 1,5 ml saurem Butanol/ HCl und 50 µl Ammonium-Eisensulfat/ HCl-Lösung (verschraubbares Reagenzglas) versetzt (kräftig mischen) und durch Erhitzen im Wasserbad (97–100 °C, 1 h, verschraubbare Reagenzgläser) gefärbt. Je Extrakt wird eine Parallelbestimmung und ein Blindwert (BW = gleiche Mischung wie Probe ohne Erhitzen) gemacht. Bei der sauren Reaktion wirkt HCl als Katalysator und die kondensierten Tannine werden durch Oxidation einer

endständigen Flava-3-ol-Einheit zu roten Anthocyanidinen depolymerisiert (HASLAM 1982; MAKKAR 2003). Die Farbe hält einige Stunden. Die Extinktion wird nach dem Abkühlen und kräftigen Mischen photometrisch bei 550 nm gegen den Blindwert gemessen. Es wurden Einmalküvetten (Merk: 634-8111) verwendet. Bei einer Extinktion von mehr als 0,600 muss stärker verdünnt werden.

Aufgrund der Reaktionseigenschaften und der gegebenen strukturellen Vielfalt der Tannine können bei Anwendung der Methode quantitative Fehleinschätzungen auftreten (HAGERMAN 2002), wenn z. B. die Polymere bei unvollständiger Reaktion als Di- oder Trimere und nicht als Monomere reagieren. MAKKAR *et al.* (1999) und SCHOFIELD *et al.* (2001) fassen die Unzulänglichkeiten der Methode zusammen. So werden mit der Butanol/ HCl-Methode aufgrund der unzureichenden Sensitivität nicht alle der komplexierten Tannine erfasst. Daher wird zumeist das reelle Niveau der Fraktion unterschätzt und die Ergebnisse sollten als Nachweisreaktionen der kondensierten Tannine unter Vorbehalt interpretiert werden (REED 1995; MAKKAR *et al.* 1999).

Berechnung:  $(\text{Extinktion} * 156,5 * \text{Verdünnungsfaktor}) : \% \text{ TS} = \% \text{ KT in der TS}$

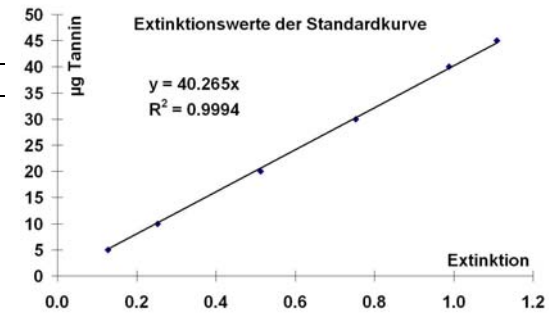
Der Faktor 156,5 gilt für eine Einwaage von 100 mg, extrahiert mit 10 ml Lsg. 1, (doppelte Einwaage bedeutet Faktor 78,26). Der Verdünnungsfaktor wird aus der Mischung von Extrakt und Lsg. 1 berechnet.

Gesamtphenole (GP)

Die Analyse der phenolischen Verbindungen als Summenparameter (Gesamtphenole) in den Körnern wurde nach einer an der Universität Hohenheim modifizierten Methode von JULKUNEN-TIITO (1985) basierend auf Vorgaben von SINGLETON & ROSSI (1965) durchgeführt. Der Extrakt (1 ml oder eine Mischung aus Extrakt + aqua dest., Mischungsverhältnis durch Vorprobe ermitteln) wurde mit Sodalösung (2500 µl) und 1n Folin-Ciocalteus-Lösung (500 µl) versetzt (kräftig mischen) und der blaue Farbumschlag nach einer Stunde über Extinktion photometrisch bei 725 nm festgestellt. Die Berechnung erfolgt in Bezug zur Extinktion einer Standardkurve mit definierter Tanninsäure (A44b). Zur Berechnung muss eine Standardkurve mit Tannin-Standard erstellt werden (Lsg. 7). Die Bestimmung der Gesamtphenole erfolgt als Tanninsäure-Äquivalent.

**A44b:** Pipettierschema der Standardkurve\* (in Reagenzgläser) + Extinktionswerte der Eichreihe

Lsg. 7	H <sub>2</sub> O	Lsg. 4	Lsg. 6	△Tannin in Vorlage	Extinktion
	[µl]			[µg]	x
10	990	500	2500	5	0,128
20	980	500	2500	10	0,253
40	960	500	2500	20	0,513
60	940	500	2500	30	0,753
80	920	500	2500	40	0,988
90	910	500	2500	45	1,108



\*Zuerst werden die Vorlagen (Lsg. 7 + H<sub>2</sub>O) fertig pipettiert, dann Lsg. 4 und erst zum Schluss Lsg. 6 dazugeben. Jedes Glas nach jeder Zugabe mischen.

Berechnung der Gesamtphenole (% der TS), (Extraktion von 100 mg Probe mit 10 ml Lsg. 1):  
 - Beispiel: Extinktion: 0,435 nm; TS: 94,84 %; Verdünnung: 250 µl Extrakt + 750 µl aqua dest.)

- in die Gleichung ( $y = 40,266 * x$ ) werden die gemessenen Extinktionen eingesetzt:  
 $0,435 \text{ nm} * 40,266 = 17,52 \text{ µg GP/ml}$
- $17,52 \text{ µg GP/ml} * 100 * 10 \text{ ml Extraktvolumen} * 1000$   
 $\text{-----} = 0,74 \% \text{ GP in der TS}$   
 $100 \text{ mg Einwaage} * 94,84 \% \text{ TS} * 250 \text{ µl Verdünnung} * 10$

### Nicht-Tanninphenole (NTP)

Zur Bestimmung der Nicht-Tanninphenole (NTP) wird der wässrige Extrakt nach LAURENT (1975) und WATERSON & BUTLER (1983) mit Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) versetzt. Dabei komplexieren die synthetischen Polymere die Tannine mit einer sehr hohen Affinität (HAGERMAN & BUTLER 1981).

Pro Extrakt werden 2 x 200 mg PVPP in Reagenzgläser eingewogen und mit 2 ml aqua dest. versetzt (kräftig mischen). Nach kurzem Stehen werden 2 ml Extrakt hinzugegeben (kräftig mischen). 200 mg PVPP binden 4 mg Gesamtphenol. Bei stärkerer Konzentration muss der Extrakt mit gekühltem aqua dest. vorverdünnt werden. Die Reagenzgläser werden 15 min in Eiswasser gestellt und dann nochmals gemischt (Vortex). Das PVPP wird bei 4 °C, 15 min mit 4800 UPM abzentrifugiert. Der Überstand wird dekantiert und zentrifugiert (10 min, 4 °C, 4800 UPM). Die Supernante wird abgehebert und in dunkle verschließbare Reagenzgläser kühl (Eiswasser) gelagert.

Die Fraktion der Polyphenole wird anschließend durch Folin-Ciocalteu-Reagenz (siehe Analyse von Gesamtphenol) angefärbt und die Extinktion bei 725 nm gegen den Standard erfasst. Auch hier muss die Konzentration der Probe durch eine Vorprobe ermittelt werden.

Berechnung von Nicht-Tanninphenol in % der TS:

- Beispiel: Extinktion: 0,153 nm; TS: 94,84 %; Verdünnung: 500 µl Extrakt + 500 µl aqua dest.)

1. in die Gleichung ( $y = 40,266 * x$ ) werden die gemessenen Extinktionen eingesetzt:

$$0,153 \text{ nm} * 40,266 = 6,16 \text{ µg NTP/ml Überstand}$$

(Überstand aus 2 ml Wasser und 2 ml Extrakt)

2.  $6,16 \text{ µg NTP/ml Überstand} * 100 * 10 \text{ ml Extraktvolumen} * 1000$

$$\frac{\text{-----}}{100 \text{ mg Einwaage} * 94,84 \% \text{ TS} * (250 \text{ µl Verdünnung} / 2) * 10} = 0,28 \% \text{ NTP in der TS}$$

### Tanninphenol (TP)

Berechnung: 0,73 % GP der TS – 0,26 % NTP in der TS = 0,47 % TP in der TS

Hinweis: In TCHONÉ (2003) sind ausführliche Beschreibungen der verwendeten Bestimmungsmethoden und weiterer Phenol-Analysen (u. a. HPLC) aufgeführt.

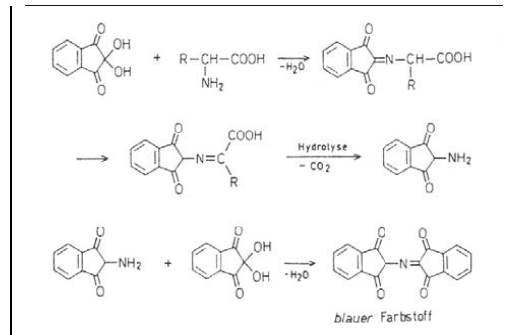
**A45:** Anleitung zur Bestimmung von  $\alpha$ -Amino-N im SilageextraktChemikalien

- 1) 0,01M NaCN-Lösung (490 mg/l) Merk: 1.06437
- 2) Acetatpuffer: 2700 g Natriumacetat trihydrat (Merk: 1.06265) + 2 l aqua dest. + 500 ml Eisessig (Merk: 1.00062, auf 7,5 l mit aqua dest. auffüllen)
- 3) Ninhydrin-Lösung: 3 % Ninhydrin (Merk: 1.06762) in Ethylenglycolmonomethylether (Merk: 1.15118)
- 4) Isopropanol (Merk: 1.09634) –Wasserlösung 1 : 1
- 5) 0,125n HCl
- 6) Glycin-Lösung (Merk: 1.04169) : 267,9 mg Glycin in 100 ml 0,125n HCl (500  $\mu$ g  $\alpha$ -Amino-N/ml) Einmalküvetten (Merk: 634-8111)

Bei der Ninhydrinreaktion reagiert die  $\alpha$ -Aminosäuren mit der frei vorliegenden  $\alpha$ -Aminogruppe unter Wasserabspaltung und Decarboxylierung ( $\text{CO}_2$ -Abspaltung) zusammen mit Ninhydrin zur „Schiff“schen Base“. Die Aminogruppe wird dabei auf das Ninhydrin übertragen und das entstehende Aldehyd reagiert in einem zweiten Schritt mit einem neuen Ninhydrinmolekül zu dem Ruhemann's Purpur. Es entsteht die charakteristische Blaufärbung (A45a, b).



**A45a:** Mit Ninhydrin angefärbte Eichreihe (100 ml Messkolben)

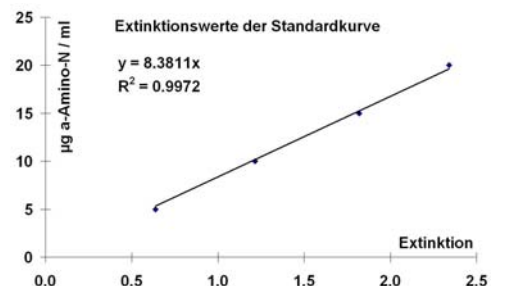


**A45b:** Mechanismus der Ninhydrinreaktion (RÖMPP 1993)

Über die Extinktion in Abhängigkeit von der  $\alpha$ -Amino-N Konzentration der Eichreihe wurde mit Hilfe einer linearen Regression der Gehalt an mg  $\alpha$ -Amino-N/ml unter Berücksichtigung der Verdünnung und Zusammensetzung der Probenlösung berechnet. Wie unter A45c gezeigt, erfolgte für jeden Analysetag die Berechnung der Regression mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes neu.

**A45c:** Photometrisch gemessene Extinktionswerte der Eichreihe am Beispiel

Extinktion	Eichlösung	Eichreihe
x	[ml]	[ $\alpha$ -Amino-N $\mu$ g/ml]
0,637	1	5
1,214	2	10
1,820	3	15
2,341	4	20

Berechnung:

1. in die Gleichung ( $y = 8,3811 \cdot x$ ) werden die gemessenen Extinktionen der Probe eingesetzt:  
 $8,3811 \cdot 1,143 = 9,58 \mu\text{g/ml}$
2. aus der Verdünnung (0,3) ergibt sich folgende Berechnung:  $9,58 \mu\text{g/ml} : 0,3 \cdot 10 = 319,32 \mu\text{g/ml}$  Extrakt
3. Umrechnung in mg/ml:  $319,32 \mu\text{g/ml} : 1000 = 0,319 \text{ mg/ml}$  Extrakt
4. Umrechnung in g/100ml:  $0,319 \text{ mg/ml} : 10 = 0,032 \text{ g/100 ml}$  Extrakt
5. Verdünnungsfaktor (F) aus (50 g Einwaage + 200 ml aqua dest.) nach BLOCK & WEISSBACH (1982):  
 $(200 \text{ ml} + (50 \text{ g} - (67,1 \% \text{ TS} \cdot 50 \text{ g}) : 100)) : 50 \text{ g} = 4,33$
6. Angabe in % der OS:  $0,032 \text{ g/100 ml} \cdot 4,33 = 0,14 \% \alpha\text{-Amino-N}$  in der OS
7. Angabe in % der TS (67,1 % TS):  $0,14 \% \alpha\text{-Amino-N}$  in der OS  $\cdot 100 : 67,1 \% \text{ TS} = 0,2 \% \alpha\text{-Amino-N}$  in der TS

**A46:** Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten

Art/ Sorte	TS [%]	Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins																		XP [g/kg TS]	
		essenzielle Aminosäuren						nicht essenzielle Aminosäuren													
		Meth	Cys	Lys	Thr	Tryp	His	Ileu	Leu	Phe	Tyr	Val	Arg	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser		
																				[g AS/kg TS]	
Ackerbohne																					
'Limbo'	89,25	2,00	3,37	19,59	10,68	n. a.	7,92	12,47	22,93	12,94	6,55	14,79	26,14	11,13	32,88	51,74	12,53	12,69	14,91	318,00	
'Scirocco'	88,42	1,89	2,93	17,31	9,33	n. a.	6,77	10,74	19,06	11,05	6,23	12,21	20,95	10,80	27,24	42,95	10,83	10,60	12,46	282,00	
Futtererbse																					
'Lisa'	89,86	1,94	2,94	17,23	8,34	n. a.	5,47	9,69	17,02	11,19	5,62	9,24	17,61	8,89	25,81	38,65	9,53	9,24	11,09	237,00	
'Santana'	90,00	2,26	3,35	18,91	9,15	n. a.	6,25	10,29	18,11	12,02	6,01	10,16	21,57	9,92	28,57	42,85	10,61	10,13	12,05	266,00	
'Laser'	89,65	2,13	3,25	16,80	8,28	n. a.	5,45	8,94	15,75	10,72	5,50	10,76	16,57	10,06	24,76	37,28	9,55	9,13	10,58	234,00	
'Sponsor'	89,52	2,09	3,10	17,67	8,55	n. a.	5,43	9,49	16,40	11,21	6,02	9,61	17,13	9,00	26,27	37,88	9,68	8,93	10,90	235,00	
'Phönix'	90,20	2,12	3,16	18,97	8,98	n. a.	6,00	10,61	18,36	12,14	5,92	10,32	19,75	9,86	28,70	43,17	10,45	10,10	11,95	268,00	
'Catania'	89,34	1,98	2,92	16,01	8,27	n. a.	5,24	8,90	14,87	10,19	4,77	10,70	16,66	8,59	24,35	36,24	9,25	8,74	10,06	223,00	
Blaue Lupine																					
'Sonet'	90,68	2,00	3,84	15,44	10,89	n. a.	8,40	12,37	21,64	11,82	9,11	12,27	31,85	10,17	31,43	68,61	13,02	12,73	15,96	323,00	
'Boltensia'	91,11	1,93	4,76	17,11	11,68	n. a.	9,52	14,47	24,92	14,25	9,67	12,72	35,90	13,13	35,45	79,35	14,66	13,91	18,12	372,00	
'Boruta'	90,60	2,37	5,38	18,39	12,97	n. a.	10,30	15,19	26,51	14,21	9,81	14,74	36,21	13,61	36,70	80,05	15,75	14,70	18,31	376,00	
'Borweta'	90,74	1,97	4,51	17,54	11,58	n. a.	9,39	14,38	24,68	14,41	10,16	12,96	35,67	12,30	35,20	78,99	14,41	14,34	18,02	364,00	
'Bolivio'	90,56	2,24	5,15	18,73	13,16	n. a.	10,49	15,48	26,97	15,67	9,56	15,98	38,35	14,28	37,54	82,31	16,22	15,44	19,08	387,00	
'Bordako'	90,71	1,95	4,94	17,58	11,87	n. a.	9,73	15,28	25,58	14,63	10,84	14,36	37,80	12,56	36,96	82,12	14,78	14,94	18,65	383,00	
'Borlu'	91,40	1,89	4,32	16,66	11,67	n. a.	9,63	14,86	24,56	13,79	11,36	13,95	38,75	11,51	36,04	87,40	14,82	14,62	17,69	393,00	
'Bora'	90,54	2,00	4,70	17,99	12,54	n. a.	10,00	15,68	26,38	15,21	11,72	14,31	39,04	12,86	38,73	86,16	15,60	15,37	19,33	392,00	
'Azuro'	90,91	1,96	4,69	16,77	11,53	n. a.	9,42	14,15	24,28	13,25	10,01	12,98	38,44	12,79	35,70	86,33	14,62	14,12	18,42	391,00	
'Rubine'	91,06	1,99	4,45	15,54	10,69	n. a.	8,37	12,48	21,85	11,89	9,03	13,84	31,27	12,22	31,08	72,64	13,01	12,35	16,23	332,00	
'Rubesta'	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Gelbe Lupine																					
'Bornal'	90,73	2,69	9,47	21,64	13,22	n. a.	11,11	15,79	32,08	16,08	9,18	15,45	42,02	13,89	39,87	98,85	15,66	15,49	19,83	421,00	
'Borsaja'	91,11	2,65	8,00	21,89	13,71	n. a.	11,43	16,77	32,26	16,36	10,56	17,18	47,12	15,40	42,04	104,06	16,95	15,40	20,75	457,00	
Weiße Lupine																					
'Amiga'	91,21	2,41	5,58	18,26	13,68	n. a.	8,40	16,12	27,92	14,59	12,87	16,88	35,64	13,33	39,50	79,00	14,82	14,48	19,41	382,00	
'Bardo'	92,28	2,56	6,19	17,49	13,43	n. a.	8,45	14,82	27,16	13,40	13,21	14,38	34,07	13,03	37,73	79,79	14,46	13,83	19,58	366,00	
'Weibit'	91,67	2,30	5,44	16,12	12,41	n. a.	7,93	14,90	25,58	12,79	11,60	13,98	29,95	10,57	35,01	79,59	13,75	13,02	17,73	383,00	

Ala: Alanin; Arg: Arginin; AS: Aminosäure; Asp: Asparaginsäure; Cys: Cystin; Glu: Glutaminsäure; Gly: Glycin; His: Histidin; Leu: Leucin; Ileu: Isoleucin; Lys: Lysin; Meth: Methionin; n. a.: nicht analysiert; Phe: Phenylalanin; Pro: Prolin; Ser: Serin; Thr: Threonin; Tryp: Tryptophan; TS: Trockensubstanz; Tyr: Tyrosin; Val: Valin; XP: Rohprotein



**A47:** Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins von reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern verschiedener Arten (Mittelwert)

Art	TS	Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins																		XP
		essenzielle Aminosäuren						nicht essenzielle Aminosäuren												
		Meth	Cys	Lys	Thr	Tryp	His	Ileu	Leu	Phe	Tyr	Val	Arg	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	
	[%]	[g AS/kg TS]																		[g/kg TS]
Ackerbohne (n = 2)																				
	88,8	1,95	3,15	18,45	10,01	n. a.	7,34	11,60	21,00	12,00	6,39	13,50	23,55	10,97	30,06	47,34	11,68	11,65	13,69	300,00
	±0,6	±0,08	±0,31	±1,61	±0,96		±0,81	±1,22	±2,73	±1,34	±0,23	±1,82	±3,67	±0,23	±3,99	±6,22	±1,20	±1,47	±1,73	±25,46
Futtererbse (n = 6)																				
	89,8	2,09	3,12	17,60	8,60	n. a.	5,64	9,66	16,75	11,24	5,64	10,13	18,22	9,39	26,41	39,35	9,85	9,38	11,11	243,83
	±0,3	±0,11	±0,17	±1,18	±0,38		±0,39	±0,70	±1,35	±0,75	±0,48	±0,60	±2,02	±0,63	±1,86	±2,95	±0,55	±0,60	±0,78	±18,61
Blaue Lupine (n = 10)																				
	90,8	2,03	4,68	17,18	11,86	n. a.	9,52	14,43	24,74	13,91	10,13	13,81	36,33	12,54	35,48	80,40	14,69	14,25	17,98	371,30
	±0,3	±0,15	±0,43	±1,10	±0,81		±0,70	±1,17	±1,82	±1,28	±0,91	±1,11	±2,79	±1,13	±2,47	±6,02	±1,05	±1,03	±1,11	±25,00
Gelbe Lupine (n = 2)																				
	90,9	2,55	7,64	19,88	13,11	n. a.	10,16	15,82	29,98	15,08	10,45	15,54	39,69	13,29	38,97	94,17	15,46	14,64	19,44	420,33
	±0,3	±0,22	±2,04	±3,26	±0,66		±1,94	±0,94	±3,80	±1,98	±1,22	±1,60	±8,82	±2,47	±3,60	±12,89	±1,61	±1,40	±1,55	±37,00
Weiße Lupine (n = 3)																				
	91,7	2,48	5,88	17,88	13,55	n. a.	8,43	15,47	27,54	13,99	13,04	15,63	34,86	13,18	38,62	79,39	14,64	14,16	19,49	374,00
	±0,5	±0,11	±0,43	±0,54	±0,17		±0,04	±0,92	±0,54	±0,85	±0,24	±1,77	±1,11	±0,21	±1,25	±0,56	±0,26	±0,45	±0,12	±11,31

Ala: Alanin; Arg: Arginin; AS: Aminosäure; Asp: Asparaginsäure; Cys: Cystin; Glu: Glutaminsäure; Gly: Glycin; His: Histidin; Leu: Leucin; Ileu: Isoleucin; Lys: Lysin; Meth: Methionin; n. a.: nicht analysiert; Phe: Phenylalanin; Pro: Prolin; Ser: Serin; Thr: Threonin; Tryp: Tryptophan; TS: Trockensubstanz; Tyr: Tyrosin; Val: Valin; XP: Rohprotein

**A48:** Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren (Lysin, Methionin + Cystin, Threonin) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern zueinander (Massebezug)

n	Versorgungsempfehlung		Ackerbohne	Futtererbse	Lupine		
	(GfE 1987)*	(GfE 2006)**			Blaue	Gelbe	Weiße
Lysin	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Methionin + Cystin	0,6	0,53–0,56	0,3	0,3	0,4	0,5	
Threonin	0,6	0,63–0,66	0,5	0,5	0,7	0,8	

\*optimales Aminosäureverhältnis für Mastschweine (GfE 1987);

\*\*Relation nach präzäkaler Verdaulichkeit (GfE 2006)

## A49: Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern

Art	Sorte	TS	XZ* <sup>1</sup>	Saccharose* <sup>2</sup>	freie	Raffinose* <sup>2</sup>	Stachyose* <sup>2</sup>	Verbascose* <sup>2</sup>	ΣRFO	Σ Galactose (RFO)	Σ RFO am	
		[%]			Galactose* <sup>2</sup>						[% TS]	XZ <sub>RFO</sub>
		[%]										
Ackerbohne	'Limbo'	89,25	2,83	2,28	0,33	0,09	0,67	2,34	3,09	-	52,2	
	'Scirocco'	88,42	2,81	2,14	0,85	0,00	0,53	2,13	2,66	-	48,6	
Futtererbse	'Lisa'	89,86	2,32	1,97	0,00	0,52	2,01	3,01	5,53	-	69,5	
	'Santana'	90,00	3,59	2,53	0,15	1,14	3,17	2,78	7,08	-	64,7	
	'Laser'	89,65	3,08	2,63	0,00	0,71	1,94	3,51	6,17	-	66,7	
	'Sponsor'	89,52	3,29	2,67	0,14	0,76	2,71	2,50	5,97	-	64,4	
	'Phönix'	90,20	2,32	2,25	0,00	0,79	2,04	2,92	5,75	-	71,3	
	'Catania'	89,34	4,32	3,51	0,15	1,16	3,28	1,84	6,28	-	59,2	
Blaue Lupine	(süß) 'Sonet'	90,68	3,85	3,40	0,28	0,91	3,25	1,73	5,89	2,83	60,5	
	'Boltensia'	91,11	4,66	2,80	0,28	0,82	4,07	2,05	6,94	3,37	59,8	
	'Boruta'	90,60	4,45	3,21	0,30	0,93	3,66	1,42	6,01	2,84	57,5	
	'Borweta'	90,74	5,70	3,99	1,21	0,96	3,50	1,78	6,23	2,99	51,8	
	'Bolivio'	90,56	4,33	2,79	0,36	0,73	3,72	1,71	6,16	2,98	58,7	
	'Bordako'	90,71	4,60	1,12	0,00	0,61	2,22	1,12	3,95	1,89	40,1	
	'Borlu'	91,40	4,33	2,86	0,40	0,86	3,10	1,27	5,23	2,47	54,7	
	'Bora'	90,54	4,88	3,45	0,44	0,93	4,03	1,92	6,88	3,31	58,6	
	(bitter) 'Azuro'	90,91	3,13	2,81	0,29	0,80	3,32	1,45	5,57	2,66	64,0	
	'Rubine'	91,06	2,86	2,01	0,58	0,77	4,23	2,17	7,17	3,50	71,4	
Gelbe Lupine	(süß) 'Bornal'	90,73	3,18	2,13	0,26	0,81	5,65	3,62	10,08	5,01	76,0	
	'Borsaja'	91,11	3,19	1,57	0,15	0,66	4,20	2,94	7,80	3,89	70,9	
Weiße Lupine	(süß) 'Amiga'	91,21	5,23	4,40	0,24	0,75	6,26	0,52	7,53	3,48	59,0	
	'Bardo'	92,28	4,46	4,91	0,51	0,85	6,15	1,32	8,31	3,94	65,1	
	(bitter) 'Weibit'	91,67	4,34	3,39	0,34	0,76	6,49	1,26	8,51	4,03	66,2	

\*<sup>1</sup> mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>2</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002); RFO: Σ Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (ΣFructose, Glucose, Saccharose, Galactose\*<sup>2</sup>); XZ<sub>RFO</sub>: Zucker (ΣFructose\*<sup>1</sup>, Glucose\*<sup>1</sup>, Saccharose\*<sup>1</sup>, Galactose\*<sup>2</sup>, Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>); Σ Galactose (RFO): Σ des Galactoseanteils in den α-Galatosiden Raffinose, Stachyose, Verbascose; zur Kalkulation diente die Berechnung anhand der Molekulargewichte dieser Zucker (KLUGE *et al.* 2002)

**A50:** Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 bzw. 75 % TS; Versuch 2005; n=3)

Art/ Sorte Parameter		Ackerbohne 'Limbo'		Erbse 'Lisa'		Blaue Lupine (süß) 'Borlu'			(bitter) 'Azuro'		
TS	[%]	65,25 ±0,16	75,55 ±0,09	64,42 ±0,37	75,13 ±0,10	67,24 ±0,00	73,86 ±0,20	67,11 ±0,11	74,61 ±0,10	66,07 ±0,13	70,80 ±0,04
XZ	[% TS]	5,33 ±0,09	5,44 ±0,06	5,01 ±0,02	4,76 ±0,02	2,87 ±0,07	4,89 ±0,05	4,89 ±0,01	4,74 ±0,04	5,60 ±0,07	5,29 ±0,02
Fructose	[% TS]	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,14 ±0,02	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	1,85 ±0,05	0,00 ±0,00
Glucose	[% TS]	0,23 ±0,12	0,19 ±0,03	0,25 ±0,02	0,16 ±0,01	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Saccharose* <sup>1</sup>	[% TS]	2,25 ±0,05	2,17 ±0,04	2,56 ±0,03	2,23 ±0,04	2,87 ±0,07	3,00 ±0,05	3,00 ±0,01	2,96 ±0,04	3,09 ±0,04	3,31 ±0,02
Saccharose* <sup>2</sup>	[% TS]	2,42 ±0,00	2,23 ±0,12	2,76 ±0,00	2,50 ±0,11	2,94 ±0,08	3,06 ±0,22	3,00 ±0,28	2,95 ±0,28	3,03 ±0,22	3,28 ±0,24
freie Galactose	[% TS]	2,85 ±0,00	3,09 ±0,10	2,07 ±0,00	1,85 ±0,10	0,00 ±0,10	1,89 ±0,00	1,90 ±0,00	1,78 ±0,22	2,21 ±0,00	1,98 ±0,18
Raffinose	[% TS]	0,62 ±0,22	0,37 ±0,10	0,52 ±0,00	0,58 ±0,18	0,85 ±0,10	0,85 ±0,10	0,83 ±0,10	0,89 ±0,10	0,71 ±0,10	0,72 ±0,22
Stachyose	[% TS]	1,06 ±0,10	0,88 ±0,20	1,80 ±0,24	1,71 ±0,10	4,03 ±0,24	3,77 ±0,18	3,71 ±0,10	3,84 ±0,20	3,24 ±0,10	3,37 ±0,18
Verbascose	[% TS]	1,49 ±0,22	1,67 ±0,11	1,67 ±0,10	2,10 ±0,10	1,53 ±0,18	1,51 ±0,18	1,58 ±0,10	1,65 ±0,11	1,59 ±0,11	1,08 ±0,18
Σ RFO	[% TS]	3,17 ±0,24	2,92 ±0,10	3,98 ±0,10	4,39 ±0,11	6,41 ±0,18	6,14 ±0,09	6,12 ±0,10	6,37 ±0,08	5,55 ±0,10	5,16 ±0,10
ΣGalactose (RFO)	[% TS]	-	-	-	-	3,05 ±0,10	2,92 ±0,00	2,93 ±0,00	3,05 ±0,22	2,67 ±0,00	2,44 ±0,18
Σ RFO am XZ <sub>RFO</sub>	[%]	37,3 ±0,24	34,9 ±0,10	44,3 ±0,10	47,9 ±0,11	69,1 ±0,18	55,7 ±0,09	55,5 ±0,10	57,3 ±0,08	49,8 ±0,10	49,4 ±0,10

\* mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>2</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002); RFO: Σ Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (ΣFructose\*<sup>1</sup>, Glucose\*<sup>1</sup>, Saccharose\*<sup>1</sup>, Galactose\*<sup>2</sup>); XZ<sub>RFO</sub>: Zucker (ΣFructose\*<sup>1</sup>, Glucose\*<sup>1</sup>, Saccharose\*<sup>1</sup>, Galactose\*<sup>2</sup>, Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>); Σ Galactose (RFO): Σ des Galactoseanteils in den α-Galactosiden Raffinose, Stachyose, Verbascose; zur Kalkulation diente die Berechnung anhand der Molekülgewichte dieser Zucker (KLUGE *et al.* 2002)

**A51:** Zuckerfraktionen und Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) in Leguminosenkörnern verschiedener Arten und Sorten bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (65 bzw. 75 % TS; Versuch 2006; n=3)

Art/ Sorte Parameter		Ackerbohne 'Limbo'		Erbse 'Lisa'		Blaue Lupine (süß) 'Borlu'			(bitter) 'Azuro'		
TS	[%]	66,87 ±0,17	76,99 ±0,06	66,97 ±0,32	76,17 ±0,68	65,53 ±0,30	75,22 ±0,20	66,24 ±0,12	77,47 ±0,15	66,61 ±0,35	76,44 ±0,33
XZ	[% TS]	1,64 ±0,02	1,62 ±0,01	1,91 ±0,01	1,63 ±0,01	3,61 ±0,01	3,61 ±0,04	3,79 ±0,03	3,70 ±0,02	3,33 ±0,02	3,31 ±0,02
Fructose	[% TS]	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Glucose	[% TS]	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Saccharose* <sup>1</sup>	[% TS]	1,64 ±0,02	1,62 ±0,01	1,76 ±0,01	1,63 ±0,01	3,61 ±0,01	1,80 ±0,05	3,59 ±0,03	3,38 ±0,02	3,61 ±0,01	2,02 ±0,06
Saccharose* <sup>2</sup>	[% TS]	1,31 ±0,00	1,32 ±0,11	1,30 ±0,00	1,27 ±0,11	2,95 ±0,08	3,10 ±0,22	3,02 ±0,28	2,84 ±0,28	2,91 ±0,22	2,90 ±0,24
freie Galactose	[% TS]	0,00 ±0,01	0,00 ±0,00	0,15 ±0,00	0,00 ±0,10	0,00 ±0,10	0,08 ±0,00	0,38 ±0,00	0,33 ±0,22	0,00 ±0,00	0,00 ±0,18
Raffinose	[% TS]	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	1,04 ±0,00	0,61 ±0,18	1,41 ±0,10	1,59 ±0,10	0,84 ±0,10	0,87 ±0,10	0,90 ±0,10	0,93 ±0,22
Stachyose	[% TS]	0,90 ±0,00	0,79 ±0,18	2,05 ±0,24	1,95 ±0,10	4,16 ±0,24	4,57 ±0,18	3,92 ±0,10	4,62 ±0,20	4,26 ±0,10	4,27 ±0,18
Verbascose	[% TS]	2,40 ±0,18	2,19 ±0,00	2,04 ±0,10	2,41 ±0,10	1,64 ±0,18	1,76 ±0,18	1,39 ±0,10	1,55 ±0,11	1,36 ±0,11	1,44 ±0,18
Σ RFO	[% TS]	3,30 ±0,00	2,98 ±0,18	5,13 ±0,10	4,97 ±0,11	7,21 ±0,18	7,92 ±0,09	6,15 ±0,10	7,04 ±0,08	6,51 ±0,10	6,64 ±0,10
ΣGalactose (RFO)	[% TS]	-	-	-	-	3,36 ±0,10	3,68 ±0,00	2,92 ±0,00	3,35 ±0,22	3,08 ±0,00	3,14 ±0,18
Σ RFO am XZ <sub>RFO</sub>	[%]	66,8 ±0,00	64,8 ±0,18	72,9 ±0,10	75,3 ±0,11	66,6 ±0,18	68,7 ±0,09	60,8 ±0,10	65,5 ±0,08	66,2 ±0,10	66,7 ±0,10

\* mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>2</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002); RFO: Σ Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (ΣFructose\*<sup>1</sup>, Glucose\*<sup>1</sup>, Saccharose\*<sup>1</sup>, Galactose\*<sup>2</sup>); XZ<sub>RFO</sub>: Zucker (ΣFructose\*<sup>1</sup>, Glucose\*<sup>1</sup>, Saccharose\*<sup>1</sup>, Galactose\*<sup>2</sup>, Raffinose\*<sup>2</sup>, Stachyose\*<sup>2</sup>, Verbascose\*<sup>2</sup>); Σ Galactose (RFO): Σ des Galactoseanteils in den α-Galactosiden Raffinose, Stachyose, Verbascose; zur Kalkulation diente die Berechnung anhand der Molekülgewichte dieser Zucker (KLUGE *et al.* 2002)

**A52a:** Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern im Ansatz mit aqua dest., 9- und 12 %ige KCl-Lösung (pH-Wert-Verläufe, n = 3)

Ansatz mit		aqua dest.				9/ 12 % KCl				9 % KCl				12 % KCl			
Variante/ Art/ Sorte		pH-Wert-Messung zu Stunde:															
		0	18	26	42	0	38	46	70	46	70						
<b>K</b>	<b>Ackerbohne</b>																
<b>O</b>	'Limbo'	6,3 ±0,0	5,9 ±0,1	4,8 ±0,1	4,2 ±0,0	5,9 ±0,0	5,7 ±0,0	4,6 ±0,1	3,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0						
<b>N</b>	'Scirocco'	6,2 ±0,0	5,8 ±0,0	5,1 ±0,2	4,4 ±0,4	5,8 ±0,0	5,3 ±0,5	4,4 ±0,3	3,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,5 ±0,0						
<b>T</b>	<b>Erbse</b>																
<b>R</b>	'Lisa'	6,3 ±0,0	5,5 ±0,1	4,8 ±0,2	4,3 ±0,1	5,9 ±0,0	5,5 ±0,1	5,1 ±0,1	4,5 ±0,1	5,8 ±0,0	5,6 ±0,1						
<b>O</b>	'Santana'	6,2 ±0,0	5,9 ±0,0	4,5 ±0,1	4,0 ±0,0	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0	5,5 ±0,0	4,3 ±0,0	5,7 ±0,0	5,6 ±0,1						
<b>L</b>	'Laser'	6,4 ±0,0	5,9 ±0,1	4,9 ±0,2	3,9 ±0,0	5,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,6 ±0,1	4,1 ±0,1	5,8 ±0,0	5,8 ±0,0						
<b>L</b>	'Sponsor'	6,3 ±0,1	5,8 ±0,0	4,9 ±0,2	4,0 ±0,0	5,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,6 ±0,1	4,2 ±0,1	5,7 ±0,0	5,7 ±0,0						
<b>E</b>	'Phönix'	6,3 ±0,0	5,3 ±0,1	4,7 ±0,0	4,4 ±0,1	5,8 ±0,0	5,4 ±0,2	5,1 ±0,3	4,8 ±0,2	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0						
	'Catania'	6,3 ±0,0	5,9 ±0,0	4,8 ±0,1	4,3 ±0,0	5,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,6 ±0,0	4,7 ±0,0	5,7 ±0,0	5,6 ±0,1						
	<b>Lupine</b>																
	'Sonet'	5,7 ±0,1	5,6 ±0,0	4,4 ±0,2	3,8 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Boltensia'	5,8 ±0,0	5,8 ±0,0	4,6 ±0,1	3,9 ±0,0	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	4,8 ±0,3	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0						
	'Boruta'	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0	4,5 ±0,1	4,0 ±0,2	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	4,8 ±0,3	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0						
	'Borweta'	5,7 ±0,0	5,6 ±0,0	5,3 ±0,4	4,2 ±0,2	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	4,6 ±0,1	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bolivio'	5,8 ±0,0	5,1 ±0,0	4,8 ±0,0	4,4 ±0,0	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	4,8 ±0,5	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bordako'	5,6 ±0,0	4,8 ±0,1	4,5 ±0,0	4,1 ±0,1	5,3 ±0,0	5,1 ±0,0	4,9 ±0,1	4,4 ±0,0	5,2 ±0,0	5,1 ±0,1						
	'Borlu'	5,7 ±0,0	5,7 ±0,0	4,9 ±0,1	4,4 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	4,7 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bora'	5,8 ±0,0	4,9 ±0,0	4,5 ±0,0	4,3 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,1 ±0,0	4,9 ±0,1	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Azuro'	5,6 ±0,0	5,2 ±0,0	4,6 ±0,0	4,3 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,0 ±0,1	4,6 ±0,2	5,2 ±0,0	5,1 ±0,0						
	'Rubine'	5,7 ±0,0	5,5 ±0,1	4,3 ±0,0	3,9 ±0,0	5,4 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	4,9 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Rubesta'	5,5 ±0,0	5,6 ±0,1	5,0 ±0,0	4,4 ±0,2	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,1	4,5 ±0,0	5,3 ±0,0	5,0 ±0,1						
	'Bornal'	5,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,4 ±0,2	4,2 ±0,2	5,5 ±0,0	5,4 ±0,0	5,4 ±0,0	5,1 ±0,1	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0						
	'Borsaja'	6,0 ±0,0	5,5 ±0,1	5,0 ±0,1	4,3 ±0,1	5,5 ±0,0	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0	4,8 ±0,0	5,4 ±0,0	5,4 ±0,0						
	'Amiga'	5,6 ±0,0	5,6 ±0,1	4,6 ±0,1	4,2 ±0,1	5,2 ±0,0	5,1 ±0,0	5,1 ±0,0	5,0 ±0,1	5,1 ±0,0	5,1 ±0,0						
	'Bardo'	5,7 ±0,1	5,7 ±0,0	4,8 ±0,1	4,0 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	4,9 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Weibit'	5,5 ±0,0	5,2 ±0,4	4,6 ±0,1	4,2 ±0,2	5,3 ±0,0	5,0 ±0,0	5,0 ±0,0	5,0 ±0,1	5,0 ±0,0	5,0 ±0,0						
<b>M</b>	<b>Ackerbohne</b>																
<b>E</b>	'Limbo'	6,4 ±0,0	5,8 ±0,2	4,7 ±0,2	4,2 ±0,1	5,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,5 ±0,2	4,0 ±0,1	5,9 ±0,0	5,7 ±0,0						
<b>L</b>	'Scirocco'	6,2 ±0,0	5,8 ±0,0	4,9 ±0,1	4,2 ±0,1	5,8 ±0,0	5,5 ±0,0	4,4 ±0,0	3,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,6 ±0,0						
<b>A</b>	<b>Erbse</b>																
<b>S</b>	'Lisa'	6,3 ±0,0	5,5 ±0,1	4,9 ±0,0	4,7 ±0,2	5,9 ±0,0	5,0 ±0,3	4,6 ±0,2	3,8 ±0,0	5,7 ±0,0	5,4 ±0,3						
<b>S</b>	'Santana'	6,2 ±0,0	5,8 ±0,0	4,6 ±0,1	4,1 ±0,1	5,8 ±0,0	4,7 ±0,1	4,1 ±0,0	3,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,2 ±0,1						
<b>E</b>	'Laser'	6,3 ±0,0	5,8 ±0,1	4,5 ±0,1	4,0 ±0,1	5,9 ±0,0	4,8 ±0,3	4,1 ±0,0	3,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0						
	'Sponsor'	6,3 ±0,0	5,8 ±0,0	4,7 ±0,1	4,1 ±0,0	5,9 ±0,0	5,7 ±0,1	4,8 ±0,1	3,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,5 ±0,3						
	'Phönix'	6,3 ±0,0	5,1 ±0,1	4,7 ±0,0	4,3 ±0,0	5,9 ±0,0	4,6 ±0,1	4,2 ±0,1	3,9 ±0,1	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0						
	'Catania'	6,3 ±0,0	5,9 ±0,0	4,7 ±0,1	4,2 ±0,1	5,9 ±0,0	5,7 ±0,0	5,6 ±0,0	4,8 ±0,1	5,7 ±0,0	5,6 ±0,1						
	<b>Lupine</b>																
	'Sonet'	5,6 ±0,0	5,6 ±0,0	4,3 ±0,0	3,8 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	4,6 ±0,0	3,9 ±0,1	5,2 ±0,0	5,0 ±0,2						
	'Boltensia'	5,8 ±0,0	5,7 ±0,0	4,5 ±0,1	4,0 ±0,1	5,4 ±0,0	4,9 ±0,1	4,2 ±0,0	3,8 ±0,0	5,3 ±0,0	5,1 ±0,1						
	'Boruta'	5,8 ±0,0	5,5 ±0,1	4,6 ±0,2	4,0 ±0,1	5,4 ±0,0	4,9 ±0,1	4,4 ±0,0	4,0 ±0,3	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0						
	'Borweta'	5,6 ±0,0	5,6 ±0,0	5,3 ±0,4	4,1 ±0,1	5,4 ±0,0	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0	4,8 ±0,2	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bolivio'	5,8 ±0,0	5,3 ±0,1	4,7 ±0,0	4,6 ±0,3	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	4,5 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bordako'	5,6 ±0,0	4,9 ±0,2	4,4 ±0,2	4,0 ±0,2	5,3 ±0,0	4,7 ±0,5	4,4 ±0,0	4,1 ±0,2	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Borlu'	5,7 ±0,0	5,7 ±0,0	4,7 ±0,0	4,3 ±0,2	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	4,9 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bora'	5,8 ±0,0	5,4 ±0,0	4,6 ±0,0	4,1 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,0 ±0,0	4,8 ±0,1	5,2 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Azuro'	5,6 ±0,0	5,4 ±0,0	4,6 ±0,1	4,2 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,1 ±0,0	4,7 ±0,1	5,2 ±0,0	5,0 ±0,1						
	'Rubine'	5,7 ±0,0	5,5 ±0,0	4,3 ±0,2	3,9 ±0,1	5,4 ±0,0	5,2 ±0,1	4,5 ±0,0	3,9 ±0,1	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Rubesta'	5,6 ±0,0	5,5 ±0,0	5,0 ±0,0	4,4 ±0,1	5,3 ±0,0	5,3 ±0,0	4,8 ±0,0	4,4 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0						
	'Bornal'	5,9 ±0,0	5,8 ±0,0	5,1 ±0,1	4,2 ±0,2	5,6 ±0,0	5,4 ±0,0	5,1 ±0,0	4,5 ±0,1	5,4 ±0,0	5,3 ±0,0						
	'Borsaja'	6,0 ±0,0	5,4 ±0,0	5,0 ±0,0	4,4 ±0,1	5,5 ±0,0	5,5 ±0,0	5,4 ±0,0	4,5 ±0,2	5,4 ±0,0	5,3 ±0,2						
	'Amiga'	5,7 ±0,0	5,5 ±0,0	4,7 ±0,1	4,2 ±0,0	5,3 ±0,0	5,2 ±0,0	5,0 ±0,0	4,6 ±0,1	5,2 ±0,0	5,1 ±0,0						
	'Bardo'	5,7 ±0,0	5,7 ±0,0	4,8 ±0,1	4,0 ±0,1	5,3 ±0,0	5,1 ±0,0	4,3 ±0,0	3,7 ±0,0	5,2 ±0,0	4,7 ±0,1						
	'Weibit'	5,5 ±0,0	5,4 ±0,0	4,7 ±0,1	4,5 ±0,1	5,3 ±0,0	5,0 ±0,0	5,0 ±0,0	4,3 ±0,1	5,1 ±0,0	5,0 ±0,0						

Melasse (2 % der Frischmasse (FM))



**A53:** Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit aqua dest. (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert				Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]		BS	ΣAL
				Messung zu Stunde:											
				0	18	26	42	0	42			42			
Ackerbohne	'Limbo'	KON	89,25	6,34 <sup>a</sup>	5,92 <sup>aA</sup>	4,78 <sup>abA</sup>	4,18 <sup>ba</sup>	88,00 <sup>b</sup>	295,78 <sup>b</sup>	6,89 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,03	0,00	0,74 <sup>bcA</sup>	
Erbse	'Lisa'		89,86	6,31 <sup>a</sup>	5,49 <sup>cA</sup>	4,82 <sup>abA</sup>	4,33 <sup>abB</sup>	97,17 <sup>b</sup>	306,56 <sup>ba</sup>	4,75 <sup>cb</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,03	0,05	1,33 <sup>aA</sup>	
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,70 <sup>b</sup>	5,69 <sup>ba</sup>	4,86 <sup>aA</sup>	4,37 <sup>aA</sup>	162,22 <sup>a</sup>	440,78 <sup>a</sup>	6,17 <sup>abB</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,03	0,01	0,97 <sup>ba</sup>	
	'Bora'		90,54	5,78 <sup>b</sup>	4,85 <sup>cB</sup>	4,46 <sup>cB</sup>	4,26 <sup>abA</sup>	163,00 <sup>a</sup>	407,89 <sup>ab</sup>	6,28 <sup>abB</sup>	0,37 <sup>bb</sup>	0,04	0,24	0,36 <sup>dA</sup>	
	'Azuro'		90,91	5,61 <sup>b</sup>	5,21 <sup>dB</sup>	4,64 <sup>bcA</sup>	4,25 <sup>abA</sup>	163,56 <sup>a</sup>	437,22 <sup>a</sup>	7,31 <sup>ab</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,02	0,00	0,68 <sup>cA</sup>	
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	89,25	6,36 <sup>a</sup>	5,83 <sup>aA</sup>	4,67 <sup>ba</sup>	4,22 <sup>ba</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Erbse	'Lisa'		89,86	6,33 <sup>a</sup>	5,51 <sup>cA</sup>	4,90 <sup>aA</sup>	4,67 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,68 <sup>b</sup>	5,68 <sup>ba</sup>	4,72 <sup>abA</sup>	4,31 <sup>ba</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
	'Bora'		90,54	5,77 <sup>b</sup>	5,43 <sup>cA</sup>	4,60 <sup>ba</sup>	4,12 <sup>bb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
	'Azuro'		90,91	5,63 <sup>b</sup>	5,41 <sup>cA</sup>	4,58 <sup>ba</sup>	4,18 <sup>bb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	89,25	6,34 <sup>a</sup>	4,75 <sup>aC</sup>	4,20 <sup>ab</sup>	3,96 <sup>ab</sup>	88,00 <sup>b</sup>	289,00 <sup>c</sup>	7,86 <sup>b</sup>	0,34 <sup>c</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00	0,35 <sup>bb</sup>	
Erbse	'Lisa'		89,86	6,31 <sup>a</sup>	4,64 <sup>bc</sup>	4,23 <sup>ab</sup>	3,99 <sup>aC</sup>	97,17 <sup>b</sup>	292,44 <sup>cb</sup>	6,64 <sup>cA</sup>	0,43 <sup>d</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00	0,83 <sup>ab</sup>	
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,71 <sup>b</sup>	4,67 <sup>abc</sup>	4,24 <sup>ab</sup>	3,86 <sup>bb</sup>	162,22 <sup>a</sup>	421,11 <sup>b</sup>	10,55 <sup>aA</sup>	0,52 <sup>c</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00	0,16 <sup>cb</sup>	
	'Bora'		90,54	5,74 <sup>b</sup>	4,50 <sup>cC</sup>	4,03 <sup>bc</sup>	3,86 <sup>bc</sup>	163,00 <sup>a</sup>	428,33 <sup>abA</sup>	9,77 <sup>aA</sup>	0,60 <sup>ba</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,00	0,08 <sup>db</sup>	
	'Azuro'		90,91	5,63 <sup>b</sup>	4,25 <sup>dC</sup>	4,02 <sup>bb</sup>	3,86 <sup>bc</sup>	163,56 <sup>a</sup>	433,00 <sup>a</sup>	10,59 <sup>aA</sup>	0,86 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,08 <sup>cdB</sup>	
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	89,25	6,36 <sup>a</sup>	4,95 <sup>ab</sup>	4,16 <sup>ab</sup>	3,92 <sup>abB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Erbse	'Lisa'		89,86	6,32 <sup>a</sup>	4,87 <sup>abB</sup>	4,22 <sup>ab</sup>	3,98 <sup>aC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,70 <sup>b</sup>	4,82 <sup>bb</sup>	4,17 <sup>ab</sup>	3,86 <sup>bcB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
	'Bora'		90,54	5,73 <sup>b</sup>	4,28 <sup>cd</sup>	3,93 <sup>cd</sup>	3,84 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
	'Azuro'		90,91	5,62 <sup>b</sup>	4,30 <sup>cC</sup>	4,02 <sup>bb</sup>	3,87 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	
±s.d.			-	0,000	0,063	0,089	0,084	6,120	15,137	0,699	0,126	0,000	0,130	0,100	

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A54:** Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagertrockenen Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL			
				Messung zu Stunde:														
				0	26	38	46	70	0	70						70		
Ackerbohne	'Limbo'	KON	89,25	5,90 <sup>a</sup>	5,86 <sup>aA</sup>	5,66 <sup>aB</sup>	4,60 <sup>cB</sup>	3,94 <sup>cB</sup>	2175,56 <sup>a</sup>	2387,33	10,70 <sup>aB</sup>	0,31 <sup>bcB</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00	0,04 <sup>c</sup>			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,87 <sup>a</sup>	5,83 <sup>bAB</sup>	5,50 <sup>bA</sup>	5,14 <sup>abA</sup>	4,48 <sup>bA</sup>	2062,89 <sup>ab</sup>	2432,22	2,95 <sup>bB</sup>	0,16 <sup>cB</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00	0,17 <sup>bA</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,34 <sup>b</sup>	5,28 <sup>cA</sup>	5,24 <sup>cAB</sup>	5,19 <sup>aA</sup>	4,68 <sup>abB</sup>	2027,11 <sup>ab</sup>	2384,00	1,73 <sup>cB</sup>	0,58 <sup>aA</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,00	0,55 <sup>aA</sup>			
	'Bora'		90,54	5,30 <sup>c</sup>	5,21 <sup>eA</sup>	5,18 <sup>cA</sup>	5,10 <sup>abA</sup>	4,87 <sup>aA</sup>	1880,67 <sup>b</sup>	2385,11	0,40 <sup>dB</sup>	0,35 <sup>bc</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,00	0,22 <sup>bA</sup>			
	'Azuro'		90,91	5,30 <sup>c</sup>	5,23 <sup>dB</sup>	5,17 <sup>cA</sup>	5,03 <sup>bA</sup>	4,64 <sup>abA</sup>	2024,00 <sup>ab</sup>	2420,44	1,73 <sup>cB</sup>	0,46 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,47 <sup>aA</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	89,25	5,92 <sup>a</sup>	5,88 <sup>aA</sup>	5,82 <sup>aA</sup>	5,53 <sup>aA</sup>	4,05 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,90 <sup>a</sup>	5,85 <sup>bA</sup>	5,03 <sup>bB</sup>	4,57 <sup>cB</sup>	3,83 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,36 <sup>b</sup>	5,31 <sup>dA</sup>	5,27 <sup>bA</sup>	5,17 <sup>bA</sup>	4,88 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		90,54	5,33 <sup>b</sup>	5,25 <sup>cA</sup>	5,21 <sup>bA</sup>	5,03 <sup>bA</sup>	4,81 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		90,91	5,33 <sup>b</sup>	5,26 <sup>eA</sup>	5,20 <sup>bA</sup>	5,08 <sup>bAB</sup>	4,74 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	89,25	5,90 <sup>a</sup>	5,54 <sup>bB</sup>	4,16 <sup>dC</sup>	3,97 <sup>cC</sup>	3,87 <sup>cC</sup>	2175,56 <sup>a</sup>	2374,89 <sup>b</sup>	11,33 <sup>aA</sup>	0,34 <sup>aA</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,00	0,04 <sup>b</sup>			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,87 <sup>a</sup>	5,81 <sup>ab</sup>	4,97 <sup>bB</sup>	4,47 <sup>bB</sup>	3,94 <sup>bcB</sup>	2062,89 <sup>ab</sup>	2459,33 <sup>a</sup>	5,79 <sup>bA</sup>	0,38 <sup>aA</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,00	0,05 <sup>bB</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,32 <sup>b</sup>	5,28 <sup>cA</sup>	5,20 <sup>ab</sup>	4,99 <sup>ab</sup>	4,57 <sup>ab</sup>	2027,11 <sup>ab</sup>	2471,78 <sup>a</sup>	2,32 <sup>cA</sup>	0,35 <sup>ab</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,00	0,21 <sup>ab</sup>			
	'Bora'		90,54	5,31 <sup>b</sup>	5,24 <sup>cdA</sup>	5,14 <sup>aA</sup>	4,87 <sup>ab</sup>	4,52 <sup>ab</sup>	1880,67 <sup>b</sup>	2338,00 <sup>b</sup>	0,92 <sup>dA</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,00	0,05 <sup>bB</sup>			
	'Azuro'		90,91	5,32 <sup>b</sup>	5,21 <sup>dC</sup>	4,82 <sup>cB</sup>	4,51 <sup>bB</sup>	4,06 <sup>bB</sup>	2024,00 <sup>ab</sup>	2457,11 <sup>a</sup>	5,38 <sup>bA</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,05 <sup>bB</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	89,25	5,92 <sup>a</sup>	5,47 <sup>aC</sup>	4,12 <sup>dC</sup>	3,92 <sup>dC</sup>	3,81 <sup>dD</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,91 <sup>a</sup>	4,43 <sup>dC</sup>	3,87 <sup>eC</sup>	3,79 <sup>dC</sup>	3,65 <sup>eD</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,36 <sup>b</sup>	5,16 <sup>bB</sup>	5,11 <sup>aC</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	4,15 <sup>bC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		90,54	5,31 <sup>b</sup>	5,03 <sup>cB</sup>	4,82 <sup>bB</sup>	4,80 <sup>bC</sup>	4,42 <sup>ab</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		90,91	5,34 <sup>b</sup>	5,10 <sup>bcd</sup>	4,41 <sup>cC</sup>	4,32 <sup>cC</sup>	3,99 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
±s.d.			-	0,00	0,032	0,089	0,095	0,095	99,211	49,143	0,322	0,089	0,000	0,000	0,055			

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A55:** Einfluss der Silierzusätze auf die Ansäuerung im Rostocker Fermentationstest mit reifen, lagergetrockneten Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenkörnern im Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (gemittelte pH-Werte); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärprodukte im Extrakt zum Versuchsende; (n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL			
				Messung zu Stunde:														
				0	26	38	46	70	0	70						70		
Ackerbohne	'Limbo'	KON	89,25	5,90 <sup>b</sup>	5,87 <sup>aBC</sup>	5,85 <sup>aA</sup>	5,84 <sup>aA</sup>	5,71 <sup>aA</sup>	2884,89 <sup>b</sup>	3002,44 <sup>c</sup>	0,27 <sup>bB</sup>	0,17	0,04 <sup>ab</sup>	0,00	0,05 <sup>bc</sup>			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,84 <sup>aB</sup>	5,80 <sup>bB</sup>	5,76 <sup>bAB</sup>	5,76 <sup>bA</sup>	5,56 <sup>bA</sup>	1792,00 <sup>d</sup>	3105,33 <sup>ab</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,17	0,03 <sup>b</sup>	0,00	0,06 <sup>bB</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,33 <sup>cBC</sup>	5,29 <sup>cB</sup>	5,25 <sup>cB</sup>	5,25 <sup>cA</sup>	5,20 <sup>cA</sup>	2571,11 <sup>c</sup>	3147,11 <sup>a</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,17	0,04 <sup>ab</sup>	0,00	0,07 <sup>a</sup>			
	'Bora'		90,54	5,30 <sup>dB</sup>	5,23 <sup>dB</sup>	5,22 <sup>dB</sup>	5,21 <sup>dB</sup>	5,15 <sup>cA</sup>	2803,11 <sup>b</sup>	3006,44 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,16	0,05 <sup>a</sup>	0,00	0,06 <sup>b</sup>			
	'Azuro'		90,91	5,32 <sup>cB</sup>	5,26 <sup>dA</sup>	5,19 <sup>eAB</sup>	5,16 <sup>cB</sup>	5,10 <sup>cA</sup>	3077,78 <sup>a</sup>	3074,22 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,16	0,00 <sup>c</sup>	0,00	0,04 <sup>c</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	89,25	5,92 <sup>a</sup>	5,90 <sup>aA</sup>	5,87 <sup>aA</sup>	5,86 <sup>aA</sup>	5,72 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,87 <sup>bA</sup>	5,83 <sup>bA</sup>	5,79 <sup>bA</sup>	5,75 <sup>bA</sup>	5,41 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,35 <sup>cA</sup>	5,31 <sup>cA</sup>	5,28 <sup>cA</sup>	5,27 <sup>cA</sup>	5,21 <sup>bcA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		90,54	5,33 <sup>dA</sup>	5,27 <sup>dA</sup>	5,24 <sup>dA</sup>	5,23 <sup>dA</sup>	5,17 <sup>bcA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		90,91	5,35 <sup>cA</sup>	5,26 <sup>cA</sup>	5,19 <sup>eA</sup>	5,17 <sup>eA</sup>	5,03 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	89,25	5,90 <sup>a</sup>	5,86 <sup>aC</sup>	5,81 <sup>aB</sup>	5,63 <sup>bB</sup>	4,29 <sup>dB</sup>	2884,89 <sup>b</sup>	3027,56 <sup>c</sup>	8,02 <sup>aA</sup>	0,19	0,03 <sup>ab</sup>	0,00	0,04 <sup>b</sup>			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,86 <sup>bA</sup>	5,82 <sup>bA</sup>	5,77 <sup>bAB</sup>	5,76 <sup>aA</sup>	5,69 <sup>aA</sup>	1792,00 <sup>d</sup>	3086,00 <sup>ab</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,16	0,03 <sup>ab</sup>	0,00	0,16 <sup>aA</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,32 <sup>cC</sup>	5,29 <sup>cB</sup>	5,26 <sup>cB</sup>	5,25 <sup>cA</sup>	5,21 <sup>bA</sup>	2571,11 <sup>c</sup>	3139,56 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,16	0,05 <sup>a</sup>	0,00	0,06 <sup>b</sup>			
	'Bora'		90,54	5,29 <sup>dB</sup>	5,24 <sup>dC</sup>	5,22 <sup>dB</sup>	5,21 <sup>dB</sup>	5,16 <sup>bA</sup>	2803,11 <sup>b</sup>	3028,67 <sup>c</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,17	0,02 <sup>bc</sup>	0,00	0,05 <sup>b</sup>			
	'Azuro'		90,91	5,34 <sup>cAB</sup>	5,24 <sup>dB</sup>	5,18 <sup>eAB</sup>	5,16 <sup>eAB</sup>	5,05 <sup>cA</sup>	3077,78 <sup>a</sup>	3074,00 <sup>c</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,20	0,00 <sup>c</sup>	0,00	0,07 <sup>b</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	89,25	5,92 <sup>a</sup>	5,89 <sup>aAB</sup>	5,82 <sup>aB</sup>	5,60 <sup>bB</sup>	4,14 <sup>bC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Erbse	'Lisa'		89,86	5,84 <sup>bB</sup>	5,79 <sup>bB</sup>	5,75 <sup>bB</sup>	5,67 <sup>aB</sup>	4,44 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		91,40	5,35 <sup>cdAB</sup>	5,30 <sup>cAB</sup>	5,21 <sup>dC</sup>	4,90 <sup>eB</sup>	4,51 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		90,54	5,33 <sup>dA</sup>	5,26 <sup>dB</sup>	5,23 <sup>cB</sup>	5,15 <sup>cC</sup>	4,51 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		90,91	5,36 <sup>cA</sup>	5,26 <sup>dA</sup>	5,18 <sup>eB</sup>	5,02 <sup>dC</sup>	4,04 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
±s.d.			-	0,00	0,007	0,00	0,00	0,095	85,081	33,983	1,410	0,032	0,000	0,000	0,032			

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte



**A56:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert				Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL		
				Messung zu Stunde:												
				0	18	26	42	0	42						42	
Ackerbohne	'Limbo'	KON	65,25	6,61 <sup>a</sup>	4,50 <sup>bA</sup>	4,39 <sup>aA</sup>	4,19 <sup>aA</sup>	94,33 <sup>cB</sup>	210,78 <sup>cC</sup>	6,40 <sup>bB</sup>	0,41 <sup>c</sup>	0,00	0,01	0,31 <sup>b</sup>		
Erbse	'Lisa'		64,42	6,52 <sup>bB</sup>	4,43 <sup>b</sup>	4,25 <sup>bA</sup>	4,07 <sup>bA</sup>	83,00 <sup>d</sup>	203,11 <sup>cC</sup>	4,94 <sup>cD</sup>	0,42 <sup>c</sup>	0,00	0,00	0,46 <sup>ab</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,78 <sup>c</sup>	5,31 <sup>aA</sup>	4,38 <sup>aA</sup>	4,10 <sup>aA</sup>	112,44 <sup>b</sup>	320,22 <sup>abAB</sup>	8,08 <sup>aB</sup>	0,88 <sup>aB</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,48 <sup>abA</sup>		
	'Bora'		67,11	5,76 <sup>d</sup>	4,59 <sup>bA</sup>	4,37 <sup>aA</sup>	4,05 <sup>bA</sup>	118,78 <sup>abB</sup>	326,22 <sup>aC</sup>	8,33 <sup>aB</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,00	0,00	0,33 <sup>abA</sup>		
	'Azuro'		66,07	5,76 <sup>dB</sup>	4,47 <sup>bA</sup>	4,38 <sup>aA</sup>	4,09 <sup>abB</sup>	127,00 <sup>aB</sup>	305,67 <sup>bC</sup>	6,18 <sup>bB</sup>	0,70 <sup>bB</sup>	0,00	0,01	0,49 <sup>a</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	65,25	6,60 <sup>a</sup>	4,45 <sup>cA</sup>	4,37 <sup>aA</sup>	4,15 <sup>aA</sup>	107,44 <sup>cA</sup>	225,67 <sup>dB</sup>	5,82 <sup>bB</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01	0,38 <sup>ab</sup>		
Erbse	'Lisa'		64,42	6,55 <sup>bA</sup>	4,48 <sup>c</sup>	4,28 <sup>bA</sup>	4,01 <sup>bB</sup>	87,67 <sup>d</sup>	222,78 <sup>dAB</sup>	5,78 <sup>bC</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,49 <sup>ab</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,78 <sup>c</sup>	5,33 <sup>aA</sup>	4,34 <sup>abA</sup>	4,12 <sup>aA</sup>	112,44 <sup>c</sup>	340,22 <sup>bB</sup>	8,30 <sup>aB</sup>	1,03 <sup>aA</sup>	0,06 <sup>aA</sup>	0,01	0,65 <sup>aA</sup>		
	'Bora'		67,11	5,77 <sup>c</sup>	4,65 <sup>bA</sup>	4,35 <sup>abA</sup>	3,94 <sup>bB</sup>	135,89 <sup>bA</sup>	359,11 <sup>aAB</sup>	9,15 <sup>aB</sup>	0,88 <sup>aAB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,33 <sup>bA</sup>		
	'Azuro'		66,07	5,78 <sup>cA</sup>	4,43 <sup>cA</sup>	4,37 <sup>aA</sup>	4,21 <sup>aA</sup>	145,11 <sup>aA</sup>	318,44 <sup>eBC</sup>	5,79 <sup>bB</sup>	0,89 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,43 <sup>ab</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	65,25	6,61 <sup>a</sup>	4,49 <sup>aA</sup>	4,27 <sup>aB</sup>	4,08 <sup>aB</sup>	94,33 <sup>cB</sup>	216,89 <sup>dC</sup>	5,80 <sup>dB</sup>	0,36 <sup>c</sup>	0,00	0,01	0,32 <sup>ab</sup>		
Erbse	'Lisa'		64,42	6,52 <sup>bB</sup>	4,40 <sup>b</sup>	4,09 <sup>bB</sup>	3,88 <sup>bC</sup>	83,00 <sup>d</sup>	215,00 <sup>dBC</sup>	6,68 <sup>cB</sup>	0,38 <sup>c</sup>	0,00	0,00	0,36 <sup>a</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,78 <sup>c</sup>	4,25 <sup>cB</sup>	3,83 <sup>dB</sup>	3,74 <sup>dB</sup>	112,44 <sup>b</sup>	317,22 <sup>cB</sup>	10,27 <sup>bA</sup>	0,68 <sup>bC</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,00	0,11 <sup>cB</sup>		
	'Bora'		67,11	5,76 <sup>d</sup>	4,27 <sup>cB</sup>	3,98 <sup>cB</sup>	3,81 <sup>cC</sup>	118,78 <sup>abB</sup>	350,44 <sup>aB</sup>	10,53 <sup>aA</sup>	0,81 <sup>aB</sup>	0,01	0,01	0,18 <sup>bcB</sup>		
	'Azuro'		66,07	5,76 <sup>dB</sup>	4,15 <sup>dB</sup>	3,94 <sup>cB</sup>	3,76 <sup>dC</sup>	127,00 <sup>aB</sup>	335,22 <sup>bAB</sup>	10,05 <sup>bA</sup>	0,63 <sup>bB</sup>	0,01	0,01	0,28 <sup>ab</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	65,25	6,60 <sup>a</sup>	4,37 <sup>abB</sup>	4,18 <sup>aC</sup>	4,00 <sup>aC</sup>	107,44 <sup>cA</sup>	245,00 <sup>cA</sup>	7,67 <sup>cA</sup>	0,38 <sup>c</sup>	0,00	0,01	0,40 <sup>a</sup>		
Erbse	'Lisa'		64,42	6,55 <sup>bA</sup>	4,43 <sup>a</sup>	4,04 <sup>bC</sup>	3,84 <sup>bC</sup>	87,67 <sup>d</sup>	236,00 <sup>cA</sup>	7,39 <sup>cA</sup>	0,41 <sup>c</sup>	0,00	0,00	0,40 <sup>a</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,78 <sup>c</sup>	4,25 <sup>cdB</sup>	3,85 <sup>eB</sup>	3,76 <sup>eB</sup>	112,44 <sup>c</sup>	341,56 <sup>bA</sup>	10,65 <sup>aA</sup>	0,69 <sup>bC</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,10 <sup>bB</sup>		
	'Bora'		67,11	5,77 <sup>c</sup>	4,34 <sup>bcB</sup>	3,98 <sup>bB</sup>	3,82 <sup>bC</sup>	135,89 <sup>bA</sup>	375,00 <sup>aA</sup>	11,24 <sup>aA</sup>	0,78 <sup>aB</sup>	0,00	0,00	0,17 <sup>bB</sup>		
	'Azuro'		66,07	5,78 <sup>cA</sup>	4,23 <sup>dB</sup>	4,00 <sup>bB</sup>	3,80 <sup>bcC</sup>	145,11 <sup>aA</sup>	350,22 <sup>bA</sup>	9,93 <sup>bA</sup>	0,69 <sup>bB</sup>	0,00	0,00	0,42 <sup>a</sup>		
±s.d.			-	0,005	0,063	0,045	0,045	4,978	9,206	0,451	0,063	0,004	0,006	0,114		

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A57:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert				Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL		
				Messung zu Stunde:												
				0	18	26	42	0	42						42	
Ackerbohne	'Limbo'	KON	66,86	6,57 <sup>bA</sup>	4,76 <sup>aA</sup>	4,53 <sup>aA</sup>	4,37 <sup>aA</sup>	83,33 <sup>B</sup>	234,89 <sup>B</sup>	4,03 <sup>C</sup>	0,59 <sup>A</sup>	0,02	0,00	0,94 <sup>A</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,59 <sup>aA</sup>	4,78 <sup>a</sup>	4,52 <sup>aA</sup>	4,29 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	6,11 <sup>c</sup>	4,64 <sup>aB</sup>	4,20 <sup>cA</sup>	3,81 <sup>dA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,97 <sup>dA</sup>	4,70 <sup>aA</sup>	4,38 <sup>bA</sup>	4,15 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,96 <sup>dB</sup>	4,37 <sup>bB</sup>	4,25 <sup>cA</sup>	4,19 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	66,86	6,49 <sup>bB</sup>	4,36 <sup>bB</sup>	4,25 <sup>bC</sup>	4,17 <sup>aB</sup>	105,67 <sup>A</sup>	237,22 <sup>B</sup>	7,91 <sup>A</sup>	0,40 <sup>B</sup>	0,02	0,00	0,60 <sup>B</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,55 <sup>aB</sup>	4,86 <sup>a</sup>	4,45 <sup>aB</sup>	4,14 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	6,12 <sup>c</sup>	4,78 <sup>aA</sup>	4,15 <sup>cB</sup>	3,79 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,94 <sup>dB</sup>	4,85 <sup>aA</sup>	4,43 <sup>aA</sup>	4,03 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	6,11 <sup>cA</sup>	4,40 <sup>bA</sup>	4,24 <sup>bA</sup>	4,17 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	66,86	6,57 <sup>bA</sup>	4,66 <sup>abA</sup>	4,39 <sup>aB</sup>	4,06 <sup>aC</sup>	83,33 <sup>B</sup>	243,78 <sup>AB</sup>	5,52 <sup>B</sup>	0,58 <sup>A</sup>	0,02	0,00	0,74 <sup>AB</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,59 <sup>aA</sup>	4,75 <sup>a</sup>	4,24 <sup>bC</sup>	3,97 <sup>bC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	6,11 <sup>c</sup>	4,65 <sup>bB</sup>	3,97 <sup>cC</sup>	3,70 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,97 <sup>dA</sup>	4,36 <sup>cB</sup>	3,85 <sup>dB</sup>	3,63 <sup>dC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,96 <sup>dB</sup>	4,37 <sup>cB</sup>	4,24 <sup>bA</sup>	3,99 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	66,86	6,49 <sup>bB</sup>	4,39 <sup>cB</sup>	4,22 <sup>aC</sup>	3,95 <sup>aD</sup>	105,67 <sup>A</sup>	252,11 <sup>A</sup>	7,43 <sup>A</sup>	0,47 <sup>AB</sup>	0,01	0,00	0,73 <sup>AB</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,55 <sup>aB</sup>	4,78 <sup>a</sup>	4,17 <sup>bD</sup>	3,85 <sup>bD</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	6,12 <sup>c</sup>	4,61 <sup>bB</sup>	3,91 <sup>cD</sup>	3,69 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,94 <sup>dB</sup>	4,38 <sup>cB</sup>	3,84 <sup>dB</sup>	3,63 <sup>dC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	6,11 <sup>cA</sup>	4,39 <sup>cAB</sup>	4,17 <sup>bB</sup>	3,93 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
±s.d.			-	0,000	0,063	0,032	0,032	4,534	5,398	0,545	0,063	0,006	0,000	0,164		

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A58:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert				Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL		
				Messung zu Stunde:												
				0	18	26	42	0	42						42	
Ackerbohne	'Limbo'	KON	75,55	6,44 <sup>bb</sup>	4,50 <sup>ba</sup>	4,30 <sup>ba</sup>	3,98 <sup>ba</sup>	112,89 <sup>bcB</sup>	258,00 <sup>dc</sup>	5,70 <sup>bb</sup>	0,31 <sup>ca</sup>	0,00	0,01	0,20 <sup>c</sup>		
Erbse	'Lisa'		75,13	6,56 <sup>a</sup>	4,84 <sup>aA</sup>	4,44 <sup>abA</sup>	4,08 <sup>abA</sup>	85,00 <sup>dB</sup>	257,33 <sup>dd</sup>	5,36 <sup>bd</sup>	0,52 <sup>dAB</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,85 <sup>ba</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	6,04 <sup>dA</sup>	4,92 <sup>aA</sup>	4,44 <sup>abA</sup>	4,04 <sup>abB</sup>	103,78 <sup>cb</sup>	372,22 <sup>b</sup>	8,58 <sup>ab</sup>	0,86 <sup>ca</sup>	0,00	0,00	0,32 <sup>cb</sup>		
	'Bora'		74,61	5,87 <sup>e</sup>	4,88 <sup>aA</sup>	4,50 <sup>aA</sup>	4,02 <sup>abA</sup>	145,89 <sup>a</sup>	394,22 <sup>a</sup>	7,99 <sup>aC</sup>	1,09 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	1,10 <sup>aA</sup>		
	'Azuro'		70,80	6,14 <sup>ca</sup>	4,47 <sup>ba</sup>	4,36 <sup>abA</sup>	4,15 <sup>aA</sup>	120,89 <sup>bb</sup>	305,78 <sup>cc</sup>	5,51 <sup>bb</sup>	0,63 <sup>cAB</sup>	0,00	0,00	0,29 <sup>ca</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	75,55	6,47 <sup>ba</sup>	4,50 <sup>ba</sup>	4,31 <sup>ca</sup>	3,95 <sup>dAB</sup>	129,33 <sup>ba</sup>	277,44 <sup>dAB</sup>	6,33 <sup>bAB</sup>	0,30 <sup>dA</sup>	0,00	0,01 <sup>b</sup>	0,18 <sup>d</sup>		
Erbse	'Lisa'		75,13	6,52 <sup>a</sup>	4,96 <sup>aA</sup>	4,44 <sup>ba</sup>	4,09 <sup>ba</sup>	104,00 <sup>ca</sup>	284,56 <sup>dB</sup>	5,84 <sup>cC</sup>	0,59 <sup>ca</sup>	0,00	0,01 <sup>aA</sup>	0,90 <sup>ba</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,98 <sup>dB</sup>	4,95 <sup>aA</sup>	4,48 <sup>aA</sup>	4,09 <sup>ba</sup>	126,33 <sup>ba</sup>	385,78 <sup>b</sup>	8,65 <sup>ab</sup>	0,81 <sup>ba</sup>	0,00	0,00 <sup>c</sup>	0,50 <sup>ca</sup>		
	'Bora'		74,61	5,87 <sup>e</sup>	5,00 <sup>aA</sup>	4,47 <sup>abA</sup>	4,02 <sup>ca</sup>	150,33 <sup>a</sup>	416,67 <sup>a</sup>	8,39 <sup>aC</sup>	1,02 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00 <sup>c</sup>	1,17 <sup>aA</sup>		
	'Azuro'		70,80	6,05 <sup>cb</sup>	4,47 <sup>ba</sup>	4,32 <sup>ca</sup>	4,19 <sup>aA</sup>	135,89 <sup>ba</sup>	324,33 <sup>cb</sup>	5,73 <sup>cb</sup>	0,67 <sup>ca</sup>	0,00	0,00 <sup>c</sup>	0,31 <sup>dA</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	75,55	6,44 <sup>bb</sup>	4,25 <sup>dB</sup>	4,00 <sup>cb</sup>	3,86 <sup>bb</sup>	112,89 <sup>bcB</sup>	267,78 <sup>dBc</sup>	6,59 <sup>dAB</sup>	0,26 <sup>cb</sup>	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,15 <sup>c</sup>		
Erbse	'Lisa'		75,13	6,56 <sup>a</sup>	4,36 <sup>cb</sup>	4,10 <sup>ab</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	85,00 <sup>dB</sup>	272,67 <sup>dc</sup>	6,98 <sup>cb</sup>	0,41 <sup>bb</sup>	0,00	0,00 <sup>bb</sup>	0,60 <sup>ab</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	6,04 <sup>dA</sup>	4,52 <sup>bb</sup>	4,07 <sup>bb</sup>	3,91 <sup>aC</sup>	103,78 <sup>cb</sup>	369,44 <sup>b</sup>	9,97 <sup>aA</sup>	0,53 <sup>abB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,17 <sup>cb</sup>		
	'Bora'		74,61	5,87 <sup>e</sup>	4,61 <sup>ab</sup>	4,08 <sup>bb</sup>	3,84 <sup>bcB</sup>	145,89 <sup>a</sup>	385,89 <sup>a</sup>	9,80 <sup>ab</sup>	0,49 <sup>abB</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,23 <sup>bb</sup>		
	'Azuro'		70,80	6,14 <sup>ca</sup>	4,28 <sup>dB</sup>	4,01 <sup>cb</sup>	3,83 <sup>cb</sup>	120,89 <sup>bb</sup>	333,11 <sup>cAB</sup>	9,04 <sup>ba</sup>	0,59 <sup>ab</sup>	0,00	0,01 <sup>b</sup>	0,20 <sup>bcB</sup>		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	75,55	6,47 <sup>ba</sup>	4,31 <sup>cAB</sup>	4,10 <sup>B</sup>	3,87 <sup>B</sup>	129,33 <sup>ba</sup>	286,22 <sup>ca</sup>	7,28 <sup>ca</sup>	0,27 <sup>cAB</sup>	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,15 <sup>c</sup>		
Erbse	'Lisa'		75,13	6,52 <sup>a</sup>	4,45 <sup>bcB</sup>	4,09 <sup>B</sup>	3,89 <sup>B</sup>	104,00 <sup>ca</sup>	294,44 <sup>ca</sup>	7,38 <sup>ca</sup>	0,40 <sup>cb</sup>	0,00	0,00 <sup>bb</sup>	0,56 <sup>ab</sup>		
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,98 <sup>dB</sup>	4,59 <sup>abB</sup>	4,05 <sup>B</sup>	3,90 <sup>C</sup>	126,33 <sup>ba</sup>	383,67 <sup>a</sup>	10,15 <sup>aA</sup>	0,63 <sup>bb</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,16 <sup>cb</sup>		
	'Bora'		74,61	5,87 <sup>e</sup>	4,67 <sup>ab</sup>	4,09 <sup>B</sup>	3,84 <sup>B</sup>	150,33 <sup>a</sup>	393,67 <sup>a</sup>	10,39 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,04 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,27 <sup>bb</sup>		
	'Azuro'		70,80	6,05 <sup>cb</sup>	4,32 <sup>cb</sup>	4,05 <sup>B</sup>	3,86 <sup>B</sup>	135,89 <sup>ba</sup>	344,44 <sup>ba</sup>	9,11 <sup>ba</sup>	0,61 <sup>bb</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,23 <sup>bb</sup>		
±s.d.			-	0,008	0,089	0,063	0,045	6,768	9,397	0,428	0,063	0,002	0,003	0,063		

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A59:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 42; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit aqua dest. (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert				Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL		
				Messung zu Stunde:												
				0	18	26	42	0	42						42	
Ackerbohne	'Limbo'	KON	76,99	6,52 <sup>a</sup>	4,70 <sup>bA</sup>	4,51 <sup>aA</sup>	4,38 <sup>aA</sup>	51,33 <sup>B</sup>	237,44 <sup>D</sup>	3,45 <sup>D</sup>	0,47 <sup>B</sup>	0,01	0,00	0,66		
Erbse	'Lisa'		76,17	6,53 <sup>a</sup>	4,61 <sup>bcA</sup>	4,44 <sup>abA</sup>	4,02 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	6,23 <sup>bA</sup>	4,93 <sup>aA</sup>	4,35 <sup>bcA</sup>	3,90 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		77,47	5,96 <sup>d</sup>	4,51 <sup>cdA</sup>	4,35 <sup>bcA</sup>	4,07 <sup>bcA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		76,44	6,06 <sup>c</sup>	4,42 <sup>d</sup>	4,31 <sup>cA</sup>	4,21 <sup>abA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	76,99	6,54 <sup>a</sup>	4,42 <sup>dB</sup>	4,31 <sup>cC</sup>	4,24 <sup>ab</sup>	60,22 <sup>A</sup>	254,00 <sup>B</sup>	4,04 <sup>C</sup>	0,39 <sup>C</sup>	0,01	0,00	0,65		
Erbse	'Lisa'		76,17	6,53 <sup>a</sup>	4,68 <sup>bA</sup>	4,44 <sup>aA</sup>	3,97 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	6,14 <sup>bB</sup>	4,98 <sup>aA</sup>	4,37 <sup>bA</sup>	3,91 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		77,47	5,98 <sup>d</sup>	4,51 <sup>cA</sup>	4,31 <sup>cA</sup>	4,09 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		76,44	6,06 <sup>c</sup>	4,41 <sup>d</sup>	4,28 <sup>cA</sup>	4,16 <sup>abA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	76,99	6,52 <sup>a</sup>	4,64 <sup>bA</sup>	4,40 <sup>ab</sup>	4,09 <sup>aC</sup>	51,33 <sup>B</sup>	243,44 <sup>C</sup>	4,56 <sup>B</sup>	0,51 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,60		
Erbse	'Lisa'		76,17	6,53 <sup>a</sup>	4,39 <sup>cB</sup>	4,05 <sup>cB</sup>	3,90 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	6,23 <sup>bA</sup>	4,77 <sup>ab</sup>	3,90 <sup>dB</sup>	3,69 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		77,47	5,96 <sup>d</sup>	4,42 <sup>cB</sup>	3,98 <sup>cdB</sup>	3,69 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		76,44	6,06 <sup>c</sup>	4,34 <sup>c</sup>	4,17 <sup>bB</sup>	3,89 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	76,99	6,54 <sup>a</sup>	4,41 <sup>bB</sup>	4,11 <sup>ad</sup>	3,87 <sup>abD</sup>	60,22 <sup>A</sup>	298,67 <sup>A</sup>	6,94 <sup>A</sup>	0,46 <sup>B</sup>	0,02	0,00	0,58		
Erbse	'Lisa'		76,17	6,53 <sup>a</sup>	4,43 <sup>bB</sup>	4,04 <sup>bB</sup>	3,84 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	6,14 <sup>bB</sup>	4,73 <sup>ab</sup>	3,85 <sup>dB</sup>	3,68 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		77,47	5,98 <sup>d</sup>	4,45 <sup>bB</sup>	3,95 <sup>cB</sup>	3,68 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		76,44	6,06 <sup>c</sup>	4,41 <sup>b</sup>	4,14 <sup>ab</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
±s.d.			-	0,032	0,045	0,045	0,063	1,723	2,032	0,130	0,000	0,000	0,000	0,110		

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A60:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL
				0	26	38	46	70	0	70					
Ackerbohne	'Limbo'	KON	65,25	6,12 <sup>aB</sup>	4,90 <sup>bA</sup>	4,12 <sup>eA</sup>	3,84 <sup>dA</sup>	3,77 <sup>cA</sup>	2041,56 <sup>c</sup>	2208,67 <sup>cAB</sup>	6,04 <sup>aD</sup>	0,28 <sup>cC</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,23 <sup>bB</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,07 <sup>bB</sup>	5,22 <sup>aA</sup>	4,80 <sup>cA</sup>	4,65 <sup>bA</sup>	4,15 <sup>bA</sup>	2049,78 <sup>c</sup>	2198,00 <sup>cC</sup>	3,62 <sup>bD</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,43 <sup>bA</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,29 <sup>aA</sup>	5,22 <sup>aA</sup>	4,96 <sup>aA</sup>	4,58 <sup>aA</sup>	2106,44 <sup>a</sup>	2281,33 <sup>bB</sup>	3,51 <sup>bD</sup>	1,02 <sup>aA</sup>	0,04 <sup>aAB</sup>	0,00	0,69 <sup>aA</sup>
	'Bora'		67,11	5,44 <sup>c</sup>	5,15 <sup>aA</sup>	4,95 <sup>bA</sup>	4,64 <sup>bA</sup>	4,03 <sup>bA</sup>	2070,89 <sup>bB</sup>	2258,22 <sup>bB</sup>	6,51 <sup>aC</sup>	0,87 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,40 <sup>b</sup>
	'Azuro'		66,07	5,38 <sup>c</sup>	4,90 <sup>bA</sup>	4,42 <sup>dA</sup>	4,31 <sup>cA</sup>	3,94 <sup>bcA</sup>	1977,33 <sup>d</sup>	2346,89 <sup>aA</sup>	5,81 <sup>aC</sup>	1,04 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,87 <sup>aA</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	65,25	6,15 <sup>aA</sup>	4,78 <sup>dB</sup>	3,99 <sup>dB</sup>	3,75 <sup>dC</sup>	3,66 <sup>cC</sup>	2047,11	2196,67 <sup>cB</sup>	7,88 <sup>bB</sup>	0,32 <sup>cA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01 <sup>aA</sup>	0,28 <sup>bA</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,11 <sup>bA</sup>	5,10 <sup>bB</sup>	4,48 <sup>bB</sup>	4,12 <sup>bB</sup>	3,63 <sup>cB</sup>	2054,33	2254,22 <sup>bA</sup>	7,05 <sup>cB</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,38 <sup>bAB</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,26 <sup>aA</sup>	5,08 <sup>aA</sup>	4,51 <sup>aB</sup>	3,96 <sup>aB</sup>	2106,44	2340,89 <sup>aAB</sup>	8,28 <sup>bB</sup>	0,83 <sup>aB</sup>	0,05 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,27 <sup>bB</sup>
	'Bora'		67,11	5,45 <sup>c</sup>	5,03 <sup>bcA</sup>	4,48 <sup>bC</sup>	4,22 <sup>bB</sup>	3,75 <sup>bB</sup>	2088,22 <sup>A</sup>	2347,33 <sup>aA</sup>	9,24 <sup>aAB</sup>	0,72 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>
	'Azuro'		66,07	5,41 <sup>d</sup>	4,94 <sup>cA</sup>	4,18 <sup>cB</sup>	3,93 <sup>cB</sup>	3,72 <sup>bB</sup>	2034,00	2364,44 <sup>aA</sup>	8,18 <sup>bA</sup>	0,82 <sup>aB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,52 <sup>aB</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	65,25	6,12 <sup>aB</sup>	4,20 <sup>dC</sup>	3,88 <sup>eC</sup>	3,78 <sup>eB</sup>	3,73 <sup>deB</sup>	2041,56 <sup>c</sup>	2230,89 <sup>bA</sup>	6,58 <sup>cC</sup>	0,28 <sup>cBC</sup>	0,00	0,01 <sup>aA</sup>	0,19 <sup>C</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,07 <sup>bB</sup>	5,24 <sup>aA</sup>	4,53 <sup>cB</sup>	4,10 <sup>cB</sup>	3,71 <sup>eB</sup>	2049,78 <sup>c</sup>	2220,44 <sup>bB</sup>	5,84 <sup>dC</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,30 <sup>AB</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,28 <sup>aA</sup>	5,18 <sup>aA</sup>	4,70 <sup>aB</sup>	3,93 <sup>aB</sup>	2106,44 <sup>a</sup>	2328,00 <sup>aAB</sup>	7,19 <sup>bC</sup>	0,75 <sup>aB</sup>	0,02 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,22 <sup>B</sup>
	'Bora'		67,11	5,44 <sup>c</sup>	5,10 <sup>bA</sup>	4,63 <sup>bB</sup>	4,24 <sup>bB</sup>	3,77 <sup>bB</sup>	2070,89 <sup>bB</sup>	2325,78 <sup>aA</sup>	8,48 <sup>aB</sup>	0,79 <sup>aA</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,25
	'Azuro'		66,07	5,38 <sup>c</sup>	4,83 <sup>cA</sup>	4,02 <sup>dC</sup>	3,86 <sup>dC</sup>	3,74 <sup>cB</sup>	1977,33 <sup>d</sup>	2309,56 <sup>aB</sup>	7,25 <sup>bB</sup>	0,73 <sup>aB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,28 <sup>C</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	65,25	6,15 <sup>aA</sup>	4,16 <sup>bcC</sup>	3,81 <sup>bD</sup>	3,67 <sup>abD</sup>	3,64 <sup>aD</sup>	2047,11	2226,44 <sup>bA</sup>	8,25 <sup>bA</sup>	0,30 <sup>bAB</sup>	0,00	0,01 <sup>A</sup>	0,21 <sup>B</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,11 <sup>bA</sup>	4,43 <sup>aC</sup>	3,73 <sup>bC</sup>	3,62 <sup>bC</sup>	3,49 <sup>cC</sup>	2054,33	2248,89 <sup>bA</sup>	8,17 <sup>bA</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,20 <sup>B</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	4,25 <sup>bB</sup>	4,04 <sup>aB</sup>	3,81 <sup>aC</sup>	3,64 <sup>aC</sup>	2106,44	2370,67 <sup>aA</sup>	10,10 <sup>aA</sup>	0,51 <sup>aC</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,08 <sup>B</sup>
	'Bora'		67,11	5,45 <sup>c</sup>	4,42 <sup>ab</sup>	4,09 <sup>aD</sup>	3,81 <sup>aC</sup>	3,56 <sup>bC</sup>	2088,22 <sup>A</sup>	2332,89 <sup>aA</sup>	10,42 <sup>aA</sup>	0,45 <sup>aB</sup>	0,00	0,00	0,17
	'Azuro'		66,07	5,41 <sup>d</sup>	4,00 <sup>cB</sup>	3,73 <sup>bD</sup>	3,65 <sup>bD</sup>	3,61 <sup>aC</sup>	2034,00	2350,00 <sup>aA</sup>	8,64 <sup>bA</sup>	0,49 <sup>aC</sup>	0,00	0,00	0,10 <sup>D</sup>
±s.d.			-	0,005	0,084	0,077	0,063	0,063	27,595	21,026	0,471	0,084	0,000	0,002	0,089

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A61:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]		BS	ΣAL	
				Messung zu Stunde:													
				0	26	38	46	70	0	70			70				
Ackerbohne	'Limbo'	KON	66,86	6,00 <sup>bb</sup>	5,03 <sup>ca</sup>	4,41 <sup>db</sup>	4,02 <sup>db</sup>	3,81 <sup>cab</sup>	2053,78 <sup>B</sup>	2128,67 <sup>C</sup>	7,77 <sup>A</sup>	0,42 <sup>AB</sup>	0,01	0,00	0,36 <sup>B</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,04 <sup>ab</sup>	5,44 <sup>aa</sup>	4,71 <sup>bcA</sup>	4,55 <sup>ba</sup>	4,39 <sup>aa</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,55 <sup>cb</sup>	5,18 <sup>ba</sup>	4,79 <sup>abA</sup>	4,39 <sup>ca</sup>	3,68 <sup>ca</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,52 <sup>db</sup>	5,17 <sup>ba</sup>	4,88 <sup>aa</sup>	4,75 <sup>aa</sup>	4,34 <sup>abA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,49 <sup>eb</sup>	5,14 <sup>ba</sup>	4,66 <sup>ca</sup>	4,52 <sup>ba</sup>	4,19 <sup>ba</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	66,86	6,04 <sup>ba</sup>	5,00 <sup>bcA</sup>	4,64 <sup>aa</sup>	4,48 <sup>aa</sup>	3,85 <sup>ba</sup>	2100,00 <sup>A</sup>	2222,67 <sup>A</sup>	6,79 <sup>C</sup>	0,46 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,54 <sup>A</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,08 <sup>aa</sup>	5,05 <sup>bb</sup>	4,51 <sup>bb</sup>	4,43 <sup>ac</sup>	3,86 <sup>bc</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,66 <sup>ca</sup>	5,07 <sup>abB</sup>	4,40 <sup>cd</sup>	4,05 <sup>bc</sup>	3,63 <sup>cb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,56 <sup>ca</sup>	5,15 <sup>aa</sup>	4,67 <sup>ab</sup>	4,19 <sup>bb</sup>	3,59 <sup>cb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,59 <sup>da</sup>	4,94 <sup>eb</sup>	4,53 <sup>bb</sup>	4,37 <sup>ab</sup>	3,93 <sup>ab</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	66,86	6,00 <sup>bb</sup>	4,57 <sup>db</sup>	3,89 <sup>cc</sup>	3,79 <sup>dc</sup>	3,76 <sup>cb</sup>	2053,78 <sup>B</sup>	2159,56 <sup>BC</sup>	7,10 <sup>B</sup>	0,40 <sup>B</sup>	0,02	0,00	0,30 <sup>B</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,04 <sup>ab</sup>	5,44 <sup>aa</sup>	4,66 <sup>aa</sup>	4,50 <sup>ab</sup>	3,90 <sup>ab</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,55 <sup>cb</sup>	5,20 <sup>ba</sup>	4,66 <sup>ab</sup>	4,29 <sup>bb</sup>	3,68 <sup>da</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,52 <sup>db</sup>	5,17 <sup>bcA</sup>	4,74 <sup>aaB</sup>	4,13 <sup>cb</sup>	3,67 <sup>db</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,49 <sup>eb</sup>	5,10 <sup>ca</sup>	4,47 <sup>bb</sup>	4,15 <sup>cc</sup>	3,86 <sup>bc</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	66,86	6,04 <sup>ba</sup>	4,61 <sup>cb</sup>	3,85 <sup>cc</sup>	3,74 <sup>cc</sup>	3,69 <sup>ac</sup>	2100,00 <sup>A</sup>	2202,67 <sup>AB</sup>	7,65 <sup>A</sup>	0,40 <sup>B</sup>	0,01	0,00	0,28 <sup>B</sup>		
Erbse	'Lisa'		66,97	6,08 <sup>aa</sup>	4,82 <sup>bc</sup>	3,96 <sup>bc</sup>	3,78 <sup>bd</sup>	3,67 <sup>ad</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,66 <sup>ca</sup>	4,95 <sup>ac</sup>	4,48 <sup>ac</sup>	4,00 <sup>ac</sup>	3,62 <sup>bb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Bora'		66,24	5,56 <sup>ca</sup>	4,25 <sup>eb</sup>	3,67 <sup>dc</sup>	3,53 <sup>dc</sup>	3,47 <sup>cb</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
	'Azuro'		66,61	5,59 <sup>da</sup>	4,53 <sup>dc</sup>	3,98 <sup>bc</sup>	3,82 <sup>bd</sup>	3,64 <sup>bd</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.		
±s.d.			-	0,007	0,045	0,045	0,063	0,055	8,102	23,520	0,138	0,032	0,000	0,000	0,063		

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A62:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL			
				Messung zu Stunde:														
				0	26	38	46	70	0	70						70		
Ackerbohne	'Limbo'	KON	75,55	6,10 <sup>a</sup>	5,36 <sup>abA</sup>	4,68 <sup>cA</sup>	4,01 <sup>eA</sup>	3,68 <sup>dA</sup>	2101,11 <sup>bcB</sup>	2302,44 <sup>A</sup>	6,78 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>eA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,11 <sup>dA</sup>			
Erbse	'Lisa'		75,13	6,00 <sup>bB</sup>	5,55 <sup>aA</sup>	4,79 <sup>cA</sup>	4,56 <sup>cA</sup>	4,01 <sup>eA</sup>	2120,22 <sup>ab</sup>	2316,22 <sup>AB</sup>	3,86 <sup>cd</sup>	0,55 <sup>c</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,51 <sup>bcA</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,48 <sup>cB</sup>	5,28 <sup>baB</sup>	4,95 <sup>ba</sup>	4,71 <sup>ba</sup>	4,19 <sup>ba</sup>	2085,11 <sup>c</sup>	2362,00	4,39 <sup>bcB</sup>	0,47 <sup>cd</sup>	0,00 <sup>bb</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,62 <sup>baB</sup>			
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>d</sup>	5,24 <sup>ba</sup>	5,19 <sup>aA</sup>	5,03 <sup>aA</sup>	4,35 <sup>aA</sup>	2133,11 <sup>a</sup>	2304,44	4,55 <sup>bd</sup>	1,24 <sup>aA</sup>	0,02 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,42 <sup>cA</sup>			
	'Azuro'		70,80	5,49 <sup>cB</sup>	5,04 <sup>cA</sup>	4,52 <sup>dA</sup>	4,41 <sup>dA</sup>	4,13 <sup>bcA</sup>	2140,44 <sup>ab</sup>	2294,67 <sup>C</sup>	4,29 <sup>bcC</sup>	0,96 <sup>ba</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,81 <sup>aA</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	75,55	6,11 <sup>a</sup>	5,29 <sup>aA</sup>	4,51 <sup>abB</sup>	3,88 <sup>cB</sup>	3,62 <sup>cB</sup>	2181,11 <sup>abA</sup>	2324,44 <sup>A</sup>	7,76 <sup>ba</sup>	0,29 <sup>dAB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01	0,09 <sup>cAB</sup>			
Erbse	'Lisa'		75,13	6,03 <sup>ba</sup>	5,36 <sup>ab</sup>	4,47 <sup>abB</sup>	4,05 <sup>bcB</sup>	3,62 <sup>cC</sup>	2117,56 <sup>c</sup>	2319,56 <sup>AB</sup>	7,05 <sup>bcB</sup>	0,55 <sup>c</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,36 <sup>bb</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,53 <sup>cA</sup>	5,30 <sup>aA</sup>	4,73 <sup>ab</sup>	4,44 <sup>ab</sup>	3,98 <sup>ab</sup>	2085,56 <sup>c</sup>	2316,67	6,63 <sup>cA</sup>	0,70 <sup>bc</sup>	0,01 <sup>aA</sup>	0,01	0,76 <sup>aA</sup>			
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>d</sup>	5,25 <sup>aA</sup>	4,57 <sup>abB</sup>	4,30 <sup>abB</sup>	3,80 <sup>bb</sup>	2157,11 <sup>b</sup>	2280,00	8,80 <sup>ab</sup>	0,88 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>bb</sup>	0,00	0,14 <sup>cB</sup>			
	'Azuro'		70,80	5,54 <sup>cA</sup>	4,95 <sup>ba</sup>	4,36 <sup>baB</sup>	4,09 <sup>bcB</sup>	3,77 <sup>bb</sup>	2210,22 <sup>aA</sup>	2346,00 <sup>A</sup>	7,18 <sup>bcA</sup>	0,79 <sup>abAB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,41 <sup>bb</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	75,55	6,10 <sup>a</sup>	4,81 <sup>cB</sup>	3,78 <sup>cC</sup>	3,66 <sup>dC</sup>	3,62 <sup>eB</sup>	2101,11 <sup>bcB</sup>	2273,78 <sup>B</sup>	6,70 <sup>bb</sup>	0,26 <sup>dC</sup>	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,06 <sup>dB</sup>			
Erbse	'Lisa'		75,13	6,00 <sup>bB</sup>	5,35 <sup>ab</sup>	4,48 <sup>cB</sup>	4,05 <sup>cB</sup>	3,68 <sup>dB</sup>	2120,22 <sup>ab</sup>	2296,89 <sup>B</sup>	5,77 <sup>cC</sup>	0,50 <sup>c</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,18 <sup>cC</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,48 <sup>cB</sup>	5,24 <sup>ab</sup>	4,77 <sup>bb</sup>	4,53 <sup>ab</sup>	3,99 <sup>ab</sup>	2085,11 <sup>c</sup>	2296,89	5,61 <sup>cA</sup>	0,48 <sup>c</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,50 <sup>abC</sup>			
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>d</sup>	5,25 <sup>aA</sup>	5,04 <sup>aA</sup>	4,40 <sup>bb</sup>	3,88 <sup>bb</sup>	2133,11 <sup>b</sup>	2181,78	7,45 <sup>aC</sup>	0,82 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,13 <sup>cB</sup>			
	'Azuro'		70,80	5,49 <sup>cB</sup>	5,10 <sup>ba</sup>	4,29 <sup>dB</sup>	4,05 <sup>cB</sup>	3,81 <sup>cB</sup>	2140,44 <sup>ab</sup>	2311,33 <sup>B</sup>	6,38 <sup>bb</sup>	0,63 <sup>bb</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,36 <sup>bb</sup>			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	75,55	6,11 <sup>a</sup>	4,54 <sup>cB</sup>	3,72 <sup>dC</sup>	3,62 <sup>cC</sup>	3,58 <sup>bcC</sup>	2181,11 <sup>abA</sup>	2300,00 <sup>A</sup>	7,85 <sup>ba</sup>	0,28 <sup>bb</sup>	0,00	0,01	0,06 <sup>bb</sup>			
Erbse	'Lisa'		75,13	6,03 <sup>ba</sup>	4,38 <sup>dC</sup>	3,79 <sup>cdC</sup>	3,65 <sup>cC</sup>	3,50 <sup>dD</sup>	2117,56 <sup>c</sup>	2325,78 <sup>A</sup>	7,81 <sup>ba</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,08 <sup>bc</sup>			
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,53 <sup>cA</sup>	4,98 <sup>aC</sup>	4,67 <sup>ab</sup>	4,44 <sup>ab</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	2085,56 <sup>c</sup>	2317,11	6,39 <sup>cA</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,41 <sup>aC</sup>			
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>d</sup>	4,73 <sup>bb</sup>	3,95 <sup>bc</sup>	3,79 <sup>bc</sup>	3,60 <sup>bc</sup>	2157,11 <sup>b</sup>	2348,22	10,22 <sup>aA</sup>	0,63 <sup>aC</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,07 <sup>bb</sup>			
	'Azuro'		70,80	5,54 <sup>cA</sup>	4,32 <sup>dB</sup>	3,87 <sup>bcC</sup>	3,74 <sup>bc</sup>	3,63 <sup>bc</sup>	2210,22 <sup>aA</sup>	2331,33 <sup>AB</sup>	7,69 <sup>bcA</sup>	0,28 <sup>bc</sup>	0,00	0,00	0,10 <sup>bc</sup>			
±s.d.			-	0,005	0,089	0,089	0,084	0,045	16,409	68,818	0,387	0,089	0,006	0,003	0,063			

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A63:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 9 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL			
				Messung zu Stunde:														
				0	26	38	46	70	0	70						70		
Ackerbohne	'Limbo'	KON	76,99	5,93 <sup>bB</sup>	5,03 <sup>eB</sup>	4,35 <sup>dB</sup>	3,95 <sup>dB</sup>	3,79 <sup>cA</sup>	2091,78	2245,56 <sup>B</sup>	7,09 <sup>B</sup>	0,41	0,00	0,00	0,33 <sup>B</sup>			
Erbse	'Lisa'		76,17	5,98 <sup>aB</sup>	5,48 <sup>aA</sup>	4,88 <sup>bA</sup>	4,78 <sup>bA</sup>	4,35 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,61 <sup>cB</sup>	5,28 <sup>cA</sup>	4,87 <sup>bA</sup>	4,71 <sup>bA</sup>	3,82 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		77,47	5,45 <sup>eB</sup>	5,34 <sup>bAB</sup>	5,20 <sup>aA</sup>	5,08 <sup>aA</sup>	4,08 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		76,44	5,48 <sup>dB</sup>	5,14 <sup>dA</sup>	4,62 <sup>cA</sup>	4,49 <sup>cA</sup>	4,20 <sup>abA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	76,99	6,03 <sup>aA</sup>	5,18 <sup>abA</sup>	4,96 <sup>aA</sup>	4,67 <sup>aA</sup>	3,79 <sup>bA</sup>	2082,89	2266,67 <sup>A</sup>	6,97 <sup>B</sup>	0,42	0,01	0,00	0,43 <sup>A</sup>			
Erbse	'Lisa'		76,17	6,02 <sup>aA</sup>	5,04 <sup>bB</sup>	4,56 <sup>bcB</sup>	4,22 <sup>bB</sup>	3,70 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,79 <sup>bA</sup>	5,25 <sup>aA</sup>	4,71 <sup>abA</sup>	4,41 <sup>bB</sup>	3,79 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		77,47	5,51 <sup>dA</sup>	5,28 <sup>aB</sup>	4,32 <sup>cB</sup>	3,93 <sup>cB</sup>	3,58 <sup>dC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		76,44	5,56 <sup>cA</sup>	5,11 <sup>abA</sup>	4,55 <sup>bcAB</sup>	4,39 <sup>bA</sup>	3,91 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	76,99	5,93 <sup>bB</sup>	4,63 <sup>cD</sup>	3,88 <sup>dC</sup>	3,76 <sup>dC</sup>	3,75 <sup>cB</sup>	2091,78	2204,22 <sup>C</sup>	7,32 <sup>B</sup>	0,38	0,01	0,00	0,22 <sup>C</sup>			
Erbse	'Lisa'		76,17	5,98 <sup>aB</sup>	5,47 <sup>aA</sup>	4,84 <sup>bA</sup>	4,69 <sup>bA</sup>	3,88 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,61 <sup>cB</sup>	5,29 <sup>aA</sup>	4,83 <sup>bA</sup>	4,28 <sup>eB</sup>	3,74 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		77,47	5,45 <sup>eB</sup>	5,36 <sup>aA</sup>	5,15 <sup>aA</sup>	4,84 <sup>aA</sup>	3,78 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		76,44	5,48 <sup>dB</sup>	5,01 <sup>bA</sup>	4,48 <sup>cB</sup>	4,18 <sup>cB</sup>	3,88 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	76,99	6,03 <sup>aA</sup>	4,71 <sup>bC</sup>	3,85 <sup>bD</sup>	3,72 <sup>bcC</sup>	3,67 <sup>aC</sup>	2082,89	2251,78 <sup>AB</sup>	8,01 <sup>A</sup>	0,38	0,01	0,00	0,23 <sup>C</sup>			
Erbse	'Lisa'		76,17	6,02 <sup>aA</sup>	4,85 <sup>aB</sup>	3,93 <sup>bC</sup>	3,79 <sup>bC</sup>	3,65 <sup>aD</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,79 <sup>bA</sup>	4,85 <sup>aB</sup>	4,44 <sup>aB</sup>	4,04 <sup>aC</sup>	3,63 <sup>aB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Bora'		77,47	5,51 <sup>dA</sup>	4,50 <sup>cC</sup>	3,71 <sup>cC</sup>	3,57 <sup>cC</sup>	3,48 <sup>bC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
	'Azuro'		76,44	5,56 <sup>cA</sup>	4,56 <sup>cB</sup>	3,95 <sup>bC</sup>	3,82 <sup>bC</sup>	3,64 <sup>aC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.			
±s.d.			-	0,009	0,084	0,089	0,095	0,055	4,753	8,440	0,274	0,032	0,004	0,000	0,045			

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte



**A64:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL
									Messung zu Stunde:						
				0	26	38	46	70	0	70					
Ackerbohne	'Limbo'	KON	65,25	6,13 <sup>aB</sup>	5,28 <sup>bc</sup>	5,00 <sup>cA</sup>	4,69 <sup>cA</sup>	3,90 <sup>eA</sup>	2661,56 <sup>cB</sup>	2858,67 <sup>ab</sup>	5,37 <sup>aC</sup>	0,27 <sup>c</sup>	0,00	0,01	0,20 <sup>cA</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,09 <sup>b</sup>	5,86 <sup>a</sup>	5,20 <sup>abA</sup>	4,89 <sup>bB</sup>	4,51 <sup>cA</sup>	2678,22 <sup>bc</sup>	2826,89 <sup>bB</sup>	2,15 <sup>bC</sup>	0,31 <sup>cB</sup>	0,00	0,00	0,14 <sup>cA</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,30 <sup>bB</sup>	5,30 <sup>aA</sup>	5,24 <sup>aA</sup>	4,90 <sup>aA</sup>	2785,33 <sup>a</sup>	2848,44 <sup>ab</sup>	0,93 <sup>cC</sup>	0,53 <sup>bAB</sup>	0,02	0,00 <sup>B</sup>	0,29 <sup>bcB</sup>
	'Bora'		67,11	5,44 <sup>cB</sup>	5,30 <sup>bC</sup>	5,17 <sup>bA</sup>	4,88 <sup>bA</sup>	4,62 <sup>bA</sup>	2715,56 <sup>bB</sup>	2864,67 <sup>abc</sup>	1,40 <sup>cC</sup>	0,21 <sup>cC</sup>	0,00	0,00	0,58 <sup>ab</sup>
	'Azuro'		66,07	5,38 <sup>eB</sup>	5,26 <sup>cB</sup>	4,94 <sup>cA</sup>	4,60 <sup>dA</sup>	4,41 <sup>dA</sup>	2672,44 <sup>eB</sup>	2901,11 <sup>aC</sup>	2,46 <sup>bD</sup>	1,31 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,68 <sup>aAB</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	65,25	6,16 <sup>aA</sup>	5,33 <sup>b</sup>	4,96 <sup>cdA</sup>	4,62 <sup>cB</sup>	3,82 <sup>dB</sup>	2724,67 <sup>abA</sup>	2888,22 <sup>b</sup>	6,50 <sup>aB</sup>	0,29 <sup>c</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,15 <sup>cB</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,12 <sup>b</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,19 <sup>bA</sup>	4,84 <sup>bC</sup>	4,37 <sup>bB</sup>	2719,11 <sup>b</sup>	2854,00 <sup>bcA</sup>	3,02 <sup>cB</sup>	0,53 <sup>bA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,14 <sup>cA</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,33 <sup>bA</sup>	5,33 <sup>aA</sup>	5,13 <sup>aA</sup>	4,59 <sup>aB</sup>	2785,33 <sup>a</sup>	2823,78 <sup>c</sup>	3,10 <sup>cB</sup>	0,56 <sup>bAB</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,01 <sup>abA</sup>	0,55 <sup>bA</sup>
	'Bora'		67,11	5,47 <sup>cA</sup>	5,33 <sup>bA</sup>	5,05 <sup>bB</sup>	4,65 <sup>cB</sup>	4,09 <sup>cC</sup>	2739,11 <sup>abA</sup>	2900,67 <sup>bB</sup>	4,42 <sup>bB</sup>	0,47 <sup>bB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>ab</sup>	1,03 <sup>a</sup>
	'Azuro'		66,07	5,41 <sup>dA</sup>	5,29 <sup>cA</sup>	4,90 <sup>dA</sup>	4,44 <sup>dB</sup>	4,06 <sup>cB</sup>	2748,89 <sup>bA</sup>	2967,56 <sup>aB</sup>	4,55 <sup>bB</sup>	1,37 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>bB</sup>	0,00 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>abA</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	65,25	6,13 <sup>aB</sup>	5,31 <sup>b</sup>	4,77 <sup>dB</sup>	4,24 <sup>dC</sup>	3,76 <sup>cC</sup>	2661,56 <sup>cB</sup>	2847,11 <sup>b</sup>	6,48 <sup>aB</sup>	0,28 <sup>c</sup>	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,11 <sup>dB</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,09 <sup>b</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,27 <sup>aA</sup>	4,95 <sup>bA</sup>	4,51 <sup>cA</sup>	2678,22 <sup>bc</sup>	2825,78 <sup>bcB</sup>	2,28 <sup>cC</sup>	0,35 <sup>cB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,16 <sup>dA</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,32 <sup>bAB</sup>	5,31 <sup>aA</sup>	5,22 <sup>aA</sup>	4,85 <sup>aA</sup>	2785,33 <sup>a</sup>	2823,78 <sup>bc</sup>	0,99 <sup>cC</sup>	0,40 <sup>bB</sup>	0,00	0,00 <sup>bB</sup>	0,32 <sup>cB</sup>
	'Bora'		67,11	5,44 <sup>cB</sup>	5,31 <sup>bB</sup>	5,16 <sup>bA</sup>	4,87 <sup>bA</sup>	4,56 <sup>bB</sup>	2715,56 <sup>bB</sup>	2812,00 <sup>cd</sup>	1,61 <sup>dC</sup>	0,40 <sup>bB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,75 <sup>a</sup>
	'Azuro'		66,07	5,38 <sup>eB</sup>	5,28 <sup>bA</sup>	4,88 <sup>cA</sup>	4,57 <sup>cAB</sup>	4,34 <sup>dA</sup>	2672,44 <sup>cB</sup>	2888,00 <sup>aC</sup>	2,91 <sup>bC</sup>	1,23 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,57 <sup>bB</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	65,25	6,16 <sup>aA</sup>	5,38 <sup>b</sup>	4,72 <sup>cB</sup>	4,16 <sup>dD</sup>	3,69 <sup>bD</sup>	2724,67 <sup>bcA</sup>	2866,22 <sup>b</sup>	7,20 <sup>bA</sup>	0,29 <sup>d</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,12 <sup>bB</sup>
Erbse	'Lisa'		64,42	6,12 <sup>b</sup>	5,80 <sup>a</sup>	4,87 <sup>bB</sup>	4,28 <sup>bD</sup>	3,67 <sup>cC</sup>	2719,11 <sup>c</sup>	2866,44 <sup>bA</sup>	6,17 <sup>cA</sup>	0,39 <sup>cdB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,08 <sup>bB</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		67,24	5,41 <sup>d</sup>	5,30 <sup>bcB</sup>	5,23 <sup>aB</sup>	4,61 <sup>aB</sup>	3,85 <sup>aC</sup>	2785,33 <sup>a</sup>	2832,00 <sup>b</sup>	7,30 <sup>bA</sup>	0,60 <sup>bA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>bB</sup>	0,08 <sup>bC</sup>
	'Bora'		67,11	5,47 <sup>cA</sup>	5,29 <sup>bcC</sup>	4,52 <sup>dC</sup>	4,02 <sup>dC</sup>	3,67 <sup>cD</sup>	2739,11 <sup>bcA</sup>	2985,56 <sup>aA</sup>	8,85 <sup>aA</sup>	0,84 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>
	'Azuro'		66,07	5,41 <sup>dA</sup>	5,23 <sup>cC</sup>	4,21 <sup>eB</sup>	3,88 <sup>cC</sup>	3,70 <sup>bC</sup>	2748,89 <sup>bA</sup>	3011,11 <sup>aA</sup>	7,45 <sup>bA</sup>	0,47 <sup>cB</sup>	0,01 <sup>aA</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,12 <sup>bC</sup>
±s.d.			-	0,008	0,032	0,055	0,045	0,032	17,598	29,576	0,232	0,071	0,007	0,003	0,152

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A65:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 65 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL
									Messung zu Stunde:						
				0	26	38	46	70	0	70					
Ackerbohne	'Limbo'	KON	66,86	5,99 <sup>bB</sup>	5,77 <sup>bB</sup>	5,23 <sup>bAB</sup>	4,99 <sup>cB</sup>	3,90 <sup>dB</sup>	2737,78	2698,89 <sup>C</sup>	5,93 <sup>B</sup>	0,39 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,23 <sup>B</sup>
Erbse	'Lisa'		66,97	6,05 <sup>aB</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,42 <sup>aA</sup>	5,42 <sup>aA</sup>	4,97 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,57 <sup>cB</sup>	5,34 <sup>dB</sup>	5,18 <sup>ba</sup>	4,96 <sup>cA</sup>	4,41 <sup>ba</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		66,24	5,54 <sup>d</sup>	5,38 <sup>cB</sup>	5,23 <sup>ba</sup>	5,11 <sup>ba</sup>	4,93 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		66,61	5,51 <sup>cB</sup>	5,31 <sup>cC</sup>	5,09 <sup>cA</sup>	4,71 <sup>dA</sup>	4,35 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	66,86	6,03 <sup>ba</sup>	5,85 <sup>ba</sup>	5,37 <sup>aA</sup>	5,17 <sup>aA</sup>	4,75 <sup>aA</sup>	2722,44	2760,89 <sup>B</sup>	2,36 <sup>C</sup>	0,24 <sup>B</sup>	0,02	0,00	0,31 <sup>A</sup>
Erbse	'Lisa'		66,97	6,08 <sup>aA</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,24 <sup>aB</sup>	4,87 <sup>bB</sup>	4,65 <sup>abB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,66 <sup>cA</sup>	5,36 <sup>dA</sup>	5,18 <sup>abA</sup>	4,78 <sup>bB</sup>	3,77 <sup>dD</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		66,24	5,59 <sup>e</sup>	5,41 <sup>cA</sup>	5,28 <sup>aA</sup>	5,14 <sup>aA</sup>	4,58 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		66,61	5,61 <sup>dA</sup>	5,35 <sup>dA</sup>	4,99 <sup>ba</sup>	4,57 <sup>cB</sup>	4,25 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	66,86	5,99 <sup>bB</sup>	5,78 <sup>bB</sup>	5,18 <sup>bB</sup>	4,51 <sup>eD</sup>	3,81 <sup>cB</sup>	2737,78	2718,00 <sup>C</sup>	6,54 <sup>A</sup>	0,39 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,19 <sup>B</sup>
Erbse	'Lisa'		66,97	6,05 <sup>aB</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,44 <sup>aA</sup>	5,43 <sup>aA</sup>	4,96 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,57 <sup>cB</sup>	5,34 <sup>dB</sup>	5,20 <sup>ba</sup>	4,95 <sup>cA</sup>	4,38 <sup>bB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		66,24	5,54 <sup>d</sup>	5,40 <sup>cAB</sup>	5,25 <sup>ba</sup>	5,10 <sup>ba</sup>	4,91 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		66,61	5,51 <sup>eB</sup>	5,33 <sup>dB</sup>	5,08 <sup>cA</sup>	4,70 <sup>dA</sup>	4,35 <sup>ba</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	66,86	6,03 <sup>ba</sup>	5,84 <sup>ba</sup>	5,29 <sup>aAB</sup>	4,72 <sup>bC</sup>	3,79 <sup>cB</sup>	2722,44	2801,33 <sup>A</sup>	6,81 <sup>A</sup>	0,38 <sup>A</sup>	0,02	0,00	0,19 <sup>B</sup>
Erbse	'Lisa'		66,97	6,08 <sup>aA</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,18 <sup>ab</sup>	4,81 <sup>aC</sup>	3,93 <sup>aC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		65,53	5,66 <sup>cA</sup>	5,34 <sup>dB</sup>	4,93 <sup>bB</sup>	4,55 <sup>cC</sup>	3,82 <sup>bC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		66,24	5,59 <sup>e</sup>	5,38 <sup>cB</sup>	4,63 <sup>cB</sup>	4,04 <sup>eB</sup>	3,62 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		66,61	5,61 <sup>dA</sup>	5,33 <sup>dB</sup>	4,64 <sup>cB</sup>	4,14 <sup>dC</sup>	3,74 <sup>dC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
±s.d.			-	0,006	0,000	0,071	0,055	0,045	22,050	16,358	0,158	0,000	0,006	0,000	0,032

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A66:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2005, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL
				0	26	38	46	70	0	70					
Ackerbohne	'Limbo'	KON	75,55	6,09 <sup>aB</sup>	5,93 <sup>aC</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,74 <sup>aA</sup>	4,60 <sup>bA</sup>	2690,00 <sup>cB</sup>	2894,22 <sup>cdBC</sup>	2,37 <sup>aC</sup>	0,12 <sup>cC</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,43 <sup>ab</sup>
Erbse	'Lisa'		75,13	5,99 <sup>bB</sup>	5,91 <sup>bA</sup>	5,46 <sup>bA</sup>	5,10 <sup>cA</sup>	4,50 <sup>bcA</sup>	2768,44 <sup>bA</sup>	2917,78 <sup>bcA</sup>	1,76 <sup>bC</sup>	0,26 <sup>cC</sup>	0,00	0,00	0,32 <sup>bAB</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,48 <sup>dB</sup>	5,30 <sup>dB</sup>	5,20 <sup>dA</sup>	4,98 <sup>eA</sup>	4,62 <sup>bA</sup>	2735,78 <sup>b</sup>	2874,00 <sup>dB</sup>	1,41 <sup>bC</sup>	0,41 <sup>cB</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,72 <sup>aC</sup>
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>e</sup>	5,26 <sup>cC</sup>	5,25 <sup>cA</sup>	5,22 <sup>bA</sup>	4,91 <sup>aA</sup>	2782,89 <sup>bB</sup>	2964,67 <sup>aB</sup>	1,54 <sup>bC</sup>	0,98 <sup>bA</sup>	0,00	0,00	0,20 <sup>b</sup>
	'Azuro'		70,80	5,52 <sup>cB</sup>	5,27 <sup>c</sup>	5,22 <sup>cdA</sup>	5,04 <sup>deA</sup>	4,42 <sup>cA</sup>	2841,11 <sup>aB</sup>	2931,11 <sup>b</sup>	2,37 <sup>aC</sup>	1,41 <sup>aA</sup>	0,00	0,00	0,71 <sup>aA</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	75,55	6,13 <sup>aA</sup>	5,96 <sup>aA</sup>	5,75 <sup>a</sup>	5,36 <sup>aA</sup>	4,44 <sup>aAB</sup>	2718,67 <sup>dA</sup>	2902,89 <sup>aB</sup>	3,15 <sup>bB</sup>	0,16 <sup>cB</sup>	0,00	0,01 <sup>aA</sup>	0,20 <sup>c</sup>
Erbse	'Lisa'		75,13	6,03 <sup>bA</sup>	5,89 <sup>bA</sup>	5,11 <sup>bB</sup>	4,68 <sup>cB</sup>	3,90 <sup>cB</sup>	2518,67 <sup>eB</sup>	2773,11 <sup>bB</sup>	4,87 <sup>aB</sup>	0,59 <sup>bA</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,40 <sup>eA</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,52 <sup>dA</sup>	5,33 <sup>cA</sup>	5,18 <sup>bA</sup>	4,84 <sup>bcB</sup>	4,38 <sup>aB</sup>	2768,00 <sup>c</sup>	2910,00 <sup>aB</sup>	2,55 <sup>bB</sup>	0,45 <sup>bB</sup>	0,01	0,01 <sup>aA</sup>	1,09 <sup>aA</sup>
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>e</sup>	5,28 <sup>dA</sup>	5,27 <sup>bA</sup>	5,22 <sup>abA</sup>	4,10 <sup>bcB</sup>	2818,67 <sup>bA</sup>	2942,22 <sup>aB</sup>	5,23 <sup>aB</sup>	0,53 <sup>bB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,19 <sup>c</sup>
	'Azuro'		70,80	5,56 <sup>cA</sup>	5,29 <sup>d</sup>	5,09 <sup>bA</sup>	4,78 <sup>cA</sup>	4,25 <sup>abB</sup>	2887,11 <sup>aA</sup>	2908,22 <sup>a</sup>	3,13 <sup>bB</sup>	0,98 <sup>aB</sup>	0,00	0,00 <sup>b</sup>	0,76 <sup>bA</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	75,55	6,09 <sup>aB</sup>	5,94 <sup>aB</sup>	5,85 <sup>a</sup>	5,64 <sup>aA</sup>	4,25 <sup>dB</sup>	2690,00 <sup>cB</sup>	2884,22 <sup>abC</sup>	3,50 <sup>aB</sup>	0,18 <sup>cB</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,27 <sup>c</sup>
Erbse	'Lisa'		75,13	5,99 <sup>bB</sup>	5,91 <sup>bA</sup>	5,54 <sup>bA</sup>	5,13 <sup>bA</sup>	4,49 <sup>cA</sup>	2768,44 <sup>bA</sup>	2890,44 <sup>abA</sup>	1,87 <sup>cC</sup>	0,30 <sup>bC</sup>	0,00	0,00	0,26 <sup>cB</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,48 <sup>dB</sup>	5,31 <sup>cB</sup>	5,20 <sup>cA</sup>	4,95 <sup>cA</sup>	4,59 <sup>bA</sup>	2735,78 <sup>b</sup>	2871,11 <sup>bB</sup>	1,48 <sup>dC</sup>	0,36 <sup>bB</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,83 <sup>aB</sup>
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>e</sup>	5,26 <sup>cC</sup>	5,25 <sup>cA</sup>	5,24 <sup>bA</sup>	4,90 <sup>aA</sup>	2782,89 <sup>bB</sup>	2949,33 <sup>aB</sup>	0,86 <sup>cC</sup>	0,31 <sup>bB</sup>	0,00	0,00	0,24 <sup>c</sup>
	'Azuro'		70,80	5,52 <sup>cB</sup>	5,29 <sup>d</sup>	5,14 <sup>cA</sup>	4,89 <sup>cA</sup>	4,49 <sup>cA</sup>	2841,11 <sup>aB</sup>	2929,56 <sup>ab</sup>	2,43 <sup>bC</sup>	1,07 <sup>aB</sup>	0,00	0,00	0,53 <sup>bA</sup>
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	75,55	6,13 <sup>aA</sup>	5,95 <sup>aA</sup>	5,67 <sup>a</sup>	4,81 <sup>aB</sup>	3,76 <sup>bC</sup>	2718,67 <sup>dA</sup>	2932,89 <sup>eA</sup>	6,12 <sup>cA</sup>	0,30 <sup>dA</sup>	0,00	0,01 <sup>A</sup>	0,08 <sup>b</sup>
Erbse	'Lisa'		75,13	6,03 <sup>bA</sup>	5,75 <sup>bB</sup>	4,24 <sup>eC</sup>	3,87 <sup>eC</sup>	3,59 <sup>dC</sup>	2518,67 <sup>eB</sup>	2692,00 <sup>dC</sup>	7,09 <sup>bA</sup>	0,47 <sup>cB</sup>	0,01	0,00	0,09 <sup>bC</sup>
Blaue Lupine	'Borlu'		73,86	5,52 <sup>dA</sup>	5,32 <sup>cA</sup>	4,83 <sup>bB</sup>	4,40 <sup>cC</sup>	3,82 <sup>aC</sup>	2768,00 <sup>c</sup>	3020,67 <sup>bA</sup>	7,12 <sup>bA</sup>	0,80 <sup>aA</sup>	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,20 <sup>abD</sup>
	'Bora'		74,61	5,43 <sup>e</sup>	5,27 <sup>cB</sup>	4,99 <sup>bB</sup>	4,45 <sup>bB</sup>	3,81 <sup>aC</sup>	2818,67 <sup>bA</sup>	3078,89 <sup>aA</sup>	8,22 <sup>aA</sup>	0,66 <sup>bAB</sup>	0,00	0,00	0,38 <sup>a</sup>
	'Azuro'		70,80	5,56 <sup>cA</sup>	5,27 <sup>d</sup>	4,60 <sup>dB</sup>	4,06 <sup>dB</sup>	3,72 <sup>cC</sup>	2887,11 <sup>aA</sup>	2979,56 <sup>c</sup>	6,82 <sup>bA</sup>	0,21 <sup>eC</sup>	0,00	0,00	0,09 <sup>bB</sup>
±s.d.			-	0,007	0,000	0,089	0,114	0,071	23,947	31,661	0,389	0,110	0,003	0,002	0,134

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{MQR}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A67:** PH-Wert-Verläufe im Rostocker Fermentationstest mit Leguminosenkörnern bei Ernte mit hohem Restfeuchtegehalt (ca. 75 % TS); Osmolalität im Extrakt zur Inkubationszeit Stunde 0 und 70; Gärparameter in den Filtraten nach Ende der Inkubation, Ansatz mit 12 %iger KCl-Lösung (Versuch 2006, n = 3)

Art	Sorte	Variante	TS [%]	pH-Wert					Osmolalität [mosmol/kg OS]		MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL
				0	26	38	46	70	0	70					
Ackerbohne	'Limbo'	KON	76,99	5,93 <sup>bB</sup>	5,81 <sup>b</sup>	5,51 <sup>a</sup>	5,20 <sup>bc</sup>	4,00 <sup>dB</sup>	2695,56 <sup>B</sup>	2814,00 <sup>C</sup>	5,13 <sup>B</sup>	0,36 <sup>B</sup>	0,00	0,00	0,15
Erbse	'Lisa'		76,17	5,99 <sup>aB</sup>	5,85 <sup>a</sup>	5,47 <sup>aA</sup>	5,46 <sup>aA</sup>	5,04 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,59 <sup>cB</sup>	5,30 <sup>dB</sup>	5,26 <sup>bA</sup>	5,17 <sup>cA</sup>	4,67 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		77,47	5,45 <sup>eB</sup>	5,37 <sup>cB</sup>	5,33 <sup>bB</sup>	5,27 <sup>bB</sup>	5,04 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		76,44	5,51 <sup>dB</sup>	5,29 <sup>dB</sup>	5,11 <sup>cA</sup>	4,80 <sup>dAB</sup>	4,37 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MEL	76,99	6,00 <sup>aA</sup>	5,85 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	5,24 <sup>ab</sup>	4,76 <sup>aA</sup>	2765,56 <sup>A</sup>	2858,89 <sup>B</sup>	2,36 <sup>C</sup>	0,19 <sup>D</sup>	0,00	0,00	0,18
Erbse	'Lisa'		76,17	6,02 <sup>aA</sup>	5,81 <sup>b</sup>	5,31 <sup>abB</sup>	5,00 <sup>bcB</sup>	4,55 <sup>abB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,75 <sup>bA</sup>	5,33 <sup>dA</sup>	5,27 <sup>bA</sup>	5,13 <sup>abA</sup>	4,21 <sup>cB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		77,47	5,49 <sup>dA</sup>	5,39 <sup>cA</sup>	5,35 <sup>abA</sup>	5,30 <sup>aA</sup>	4,38 <sup>bcB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		76,44	5,56 <sup>cA</sup>	5,31 <sup>dA</sup>	5,19 <sup>bA</sup>	4,73 <sup>cB</sup>	4,25 <sup>bcB</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MSB	76,99	5,93 <sup>bB</sup>	5,81 <sup>b</sup>	5,47 <sup>a</sup>	4,97 <sup>d</sup>	3,87 <sup>eB</sup>	2695,56 <sup>B</sup>	2827,78 <sup>C</sup>	6,09 <sup>A</sup>	0,42 <sup>A</sup>	0,00	0,00	0,15
Erbse	'Lisa'		76,17	5,99 <sup>aB</sup>	5,86 <sup>a</sup>	5,46 <sup>aA</sup>	5,48 <sup>aA</sup>	5,01 <sup>bA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,59 <sup>cB</sup>	5,31 <sup>dB</sup>	5,27 <sup>cA</sup>	5,15 <sup>cA</sup>	4,69 <sup>cA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		77,47	5,45 <sup>eB</sup>	5,38 <sup>cAB</sup>	5,34 <sup>bAB</sup>	5,32 <sup>bA</sup>	5,12 <sup>aA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		76,44	5,51 <sup>dB</sup>	5,30 <sup>dB</sup>	5,19 <sup>dA</sup>	4,89 <sup>dA</sup>	4,36 <sup>dA</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Ackerbohne	'Limbo'	MSB+MEL	76,99	6,00 <sup>aA</sup>	5,84 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>	5,09 <sup>a</sup>	3,86 <sup>ab</sup>	2765,56 <sup>A</sup>	2881,11 <sup>A</sup>	5,96 <sup>A</sup>	0,31 <sup>C</sup>	0,00	0,00	0,14
Erbse	'Lisa'		76,17	6,02 <sup>aA</sup>	5,82 <sup>a</sup>	5,31 <sup>bB</sup>	4,85 <sup>bc</sup>	3,83 <sup>bc</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Blaue Lupine	'Borlu'		75,22	5,75 <sup>bA</sup>	5,33 <sup>cA</sup>	5,04 <sup>cdB</sup>	4,41 <sup>dB</sup>	3,78 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Bora'		77,47	5,49 <sup>dA</sup>	5,39 <sup>bAB</sup>	5,15 <sup>bcC</sup>	4,62 <sup>cC</sup>	3,73 <sup>dC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	'Azuro'		76,44	5,56 <sup>cA</sup>	5,31 <sup>cA</sup>	4,95 <sup>dB</sup>	4,26 <sup>dC</sup>	3,78 <sup>cC</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
±s.d.			-	0,007	0,000	0,084	0,095	0,089	8,675	9,484	0,329	0,032	0,000	0,000	0,045

ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure (Summe aus BS und i-Valeriansäure); ES: Essigsäure; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; n. a.: nicht analysiert; OS: Originalsubstanz; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.:  $\sqrt{\text{MQR}}$ ; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Sorten innerhalb einer Variante; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb einer Sorte

**A 68:** Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 5 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Siliierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut (ca. 65 % TS; Versuch 2005, 2006; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	2005 Tage	TS [%]	pH-Wert	Osmolalität [osmol/kg TS]	2006 Tage	TS [%]	pH-Wert	Osmolalität [osmol/kg TS]
Acker- bohne	ASM* <sup>1</sup>	0	65,3 ±0,2	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	1,18 <sup>d</sup> ±0,02	0	66,9 ±0,2	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	1,09 <sup>d</sup> ±0,02
	ASM* <sup>2</sup>	0	65,5 ±0,2	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	1,34 <sup>c</sup> ±0,02	0	67,1 ±0,1	6,5 <sup>a</sup> ±0,0	1,38 <sup>c</sup> ±0,03
'Limbo'	KON	5	65,2 ±0,3	5,1 <sup>b</sup> ±0,0	2,05 <sup>b</sup> ±0,05	5	65,0 ±0,2	5,3 <sup>b</sup> ±0,1	2,17 <sup>b</sup> ±0,05
	MEL	5	65,7 ±0,3	5,0 <sup>c</sup> ±0,0	2,18 <sup>a</sup> ±0,03	5	65,1 ±0,2	4,9 <sup>c</sup> ±0,0	2,40 <sup>a</sup> ±0,03
	MSB	5	65,3 ±0,3	4,3 <sup>d</sup> ±0,0	2,07 <sup>b</sup> ±0,04	5	65,0 ±0,1	4,2 <sup>d</sup> ±0,0	2,15 <sup>b</sup> ±0,04
	MSB+MEL	5	65,5 ±0,1	4,4 <sup>d</sup> ±0,0	2,24 <sup>a</sup> ±0,03	5	64,8 ±0,2	4,2 <sup>d</sup> ±0,0	2,33 <sup>ab</sup> ±0,03
Erbse 'Lisa'	ASM* <sup>1</sup>	0	64,4 ±0,4	6,5 <sup>a</sup> ±0,0	0,90 <sup>d</sup> ±0,25	0	67,0 ±0,3	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	ASM* <sup>2</sup>	0	64,6 ±0,3	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	1,07 <sup>d</sup> ±0,07	0	67,2 ±0,1	6,6 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	KON	5	64,5 ±0,5	5,8 <sup>b</sup> ±0,0	1,78 <sup>c</sup> ±0,03	5	66,5 ±0,4	6,2 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MEL	5	65,0 ±0,2	5,4 <sup>c</sup> ±0,0	2,06 <sup>b</sup> ±0,06	5	66,2 ±0,2	6,2 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MSB	5	65,0 ±0,1	4,3 <sup>d</sup> ±0,0	2,10 <sup>b</sup> ±0,09	5	65,2 ±0,4	4,4 <sup>c</sup> ±0,0	n. a.
	MSB+MEL	5	65,0 ±0,1	4,3 <sup>d</sup> ±0,0	2,35 <sup>a</sup> ±0,01	5	65,3 ±0,1	4,4 <sup>d</sup> ±0,0	n. a.
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM* <sup>1</sup>	0	67,2 ±0,0	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,49 <sup>c</sup> ±0,08	0	65,5 ±0,4	6,1 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	ASM* <sup>2</sup>	0	67,4 ±0,1	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,69 <sup>d</sup> ±0,09	0	65,7 ±0,2	6,1 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	KON	5	66,1 ±0,7	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,72 <sup>d</sup> ±0,08	5	65,4 ±0,3	5,9 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MEL	5	67,2 ±0,1	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,92 <sup>c</sup> ±0,03	5	65,2 ±0,4	5,9 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MSB	5	67,1 ±0,1	4,9 <sup>b</sup> ±0,1	2,10 <sup>b</sup> ±0,09	5	64,0 ±0,1	4,4 <sup>c</sup> ±0,0	n. a.
	MSB+MEL	5	67,0 ±0,0	4,7 <sup>c</sup> ±0,0	2,47 <sup>a</sup> ±0,03	5	64,5 ±0,4	4,4 <sup>c</sup> ±0,0	n. a.
'Bora'	ASM* <sup>1</sup>	0	67,1 ±0,2	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,56 <sup>f</sup> ±0,02	0	66,2 ±0,1	6,0 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	ASM* <sup>2</sup>	0	67,3 ±0,2	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,79 <sup>c</sup> ±0,03	0	66,4 ±0,1	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	KON	5	67,1 ±0,1	5,9 <sup>a</sup> ±0,0	1,87 <sup>d</sup> ±0,03	5	65,3 ±0,2	6,0 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	MEL	5	67,2 ±0,0	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	2,01 <sup>c</sup> ±0,00	5	65,2 ±0,2	5,9 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MSB	5	66,4 ±0,5	4,6 <sup>b</sup> ±0,0	2,30 <sup>b</sup> ±0,03	5	64,7 ±0,1	4,3 <sup>c</sup> ±0,0	n. a.
	MSB+MEL	5	66,5 ±0,2	4,5 <sup>c</sup> ±0,0	2,54 <sup>a</sup> ±0,03	5	65,2 ±0,2	4,2 <sup>c</sup> ±0,0	n. a.
(bitter) 'Azuro'	ASM* <sup>1</sup>	0	66,1 ±0,2	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,62 <sup>d</sup> ±0,06	0	66,6 ±0,4	6,0 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	ASM* <sup>2</sup>	0	66,3 ±0,1	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	1,86 <sup>c</sup> ±0,02	0	66,8 ±0,2	6,1 <sup>a</sup> ±0,0	n. a.
	KON	5	67,6 ±1,0	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	2,06 <sup>b</sup> ±0,04	5	66,9 ±0,6	5,6 <sup>b</sup> ±0,0	n. a.
	MEL	5	66,9 ±0,2	5,8 <sup>a</sup> ±0,0	2,08 <sup>b</sup> ±0,20	5	67,2 ±0,2	5,5 <sup>c</sup> ±0,1	n. a.
	MSB	5	66,7 ±0,1	4,5 <sup>b</sup> ±0,0	2,11 <sup>b</sup> ±0,12	5	66,2 ±0,2	4,9 <sup>d</sup> ±0,0	n. a.
	MSB+MEL	5	66,2 ±0,1	4,4 <sup>c</sup> ±0,0	2,56 <sup>a</sup> ±0,09	5	66,7 ±0,0	4,8 <sup>c</sup> ±0,1	n. a.

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup>, 2 % der Frischmasse (FM)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

**A69:** Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohenschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005; n = 3)

Variante	Tag	TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]
ASM* <sup>1</sup>	0	65,25	-	6,61	-	-	-	-	-	-	1,18
ASM* <sup>2</sup>		65,47	-	6,60	-	-	-	-	-	-	1,34
KON	5	65,18	0,23 <sup>bd</sup>	5,06 <sup>aA</sup>	2,23 <sup>bC</sup>	0,36 <sup>bA</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,00	0,42 <sup>aAB</sup>	1,03 <sup>aD</sup>	2,05 <sup>bd</sup>
MEL		65,73	0,25 <sup>ad</sup>	4,99 <sup>bA</sup>	2,28 <sup>bC</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,01	0,35 <sup>aA</sup>	0,83 <sup>bC</sup>	2,18 <sup>ad</sup>
MSB		65,32	0,16 <sup>cd</sup>	4,33 <sup>cA</sup>	4,29 <sup>aC</sup>	0,20 <sup>c</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,00	0,19 <sup>bA</sup>	0,57 <sup>cC</sup>	2,07 <sup>bd</sup>
MSB+MEL		65,49	0,15 <sup>cd</sup>	4,37 <sup>cA</sup>	4,28 <sup>aC</sup>	0,20 <sup>cC</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,01	0,20 <sup>bA</sup>	0,49 <sup>dD</sup>	2,24 <sup>ad</sup>
KON	15	65,55	0,39 <sup>bc</sup>	4,40 <sup>ab</sup>	4,14 <sup>bb</sup>	0,29 <sup>bb</sup>	0,01	0,01	0,34 <sup>aA</sup>	1,41 <sup>aC</sup>	2,50 <sup>bc</sup>
MEL		65,65	0,42 <sup>ac</sup>	4,36 <sup>bb</sup>	4,11 <sup>bb</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,01	0,01	0,37 <sup>aA</sup>	1,18 <sup>bb</sup>	2,68 <sup>ac</sup>
MSB		65,34	0,23 <sup>cc</sup>	4,11 <sup>cb</sup>	5,18 <sup>aAB</sup>	0,22 <sup>c</sup>	0,01	0,00	0,18 <sup>bAB</sup>	0,71 <sup>cb</sup>	2,35 <sup>cc</sup>
MSB+MEL		65,28	0,23 <sup>cc</sup>	4,11 <sup>cb</sup>	5,34 <sup>aA</sup>	0,27 <sup>bA</sup>	0,03	0,01	0,15 <sup>bb</sup>	0,61 <sup>dc</sup>	2,55 <sup>bc</sup>
KON	50	65,23	0,65 <sup>ab</sup>	4,26 <sup>ac</sup>	4,77 <sup>bA</sup>	0,30 <sup>bb</sup>	0,05	0,01	0,27 <sup>ab</sup>	1,95 <sup>ab</sup>	2,73 <sup>bb</sup>
MEL		65,34	0,64 <sup>ab</sup>	4,25 <sup>ac</sup>	4,61 <sup>cA</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,02	0,00	0,20 <sup>abb</sup>	1,76 <sup>aA</sup>	2,86 <sup>ab</sup>
MSB		65,25	0,46 <sup>bb</sup>	4,10 <sup>bb</sup>	4,99 <sup>ab</sup>	0,21 <sup>c</sup>	0,02	0,00	0,13 <sup>bb</sup>	0,98 <sup>bA</sup>	2,47 <sup>cb</sup>
MSB+MEL		65,65	0,44 <sup>cb</sup>	4,11 <sup>abb</sup>	5,09 <sup>ab</sup>	0,24 <sup>bb</sup>	0,03	0,01	0,15 <sup>bb</sup>	0,86 <sup>bb</sup>	2,76 <sup>abb</sup>
KON	90	65,56	0,89 <sup>aA</sup>	4,25 <sup>ac</sup>	4,87 <sup>bA</sup>	0,30 <sup>bb</sup>	0,02	0,01	0,33 <sup>aAB</sup>	2,25 <sup>aA</sup>	2,97 <sup>bA</sup>
MEL		65,93	0,88 <sup>aA</sup>	4,25 <sup>ac</sup>	4,75 <sup>bA</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,02	0,01	0,34 <sup>aA</sup>	1,94 <sup>bA</sup>	3,16 <sup>aA</sup>
MSB		66,11	0,70 <sup>bA</sup>	4,10 <sup>bb</sup>	5,27 <sup>aA</sup>	0,24 <sup>c</sup>	0,02	0,00	0,21 <sup>bA</sup>	1,36 <sup>cA</sup>	2,80 <sup>cA</sup>
MSB+MEL		66,12	0,63 <sup>bA</sup>	4,12 <sup>bb</sup>	5,31 <sup>aA</sup>	0,27 <sup>cA</sup>	0,03	0,01	0,22 <sup>bA</sup>	1,08 <sup>dA</sup>	3,01 <sup>bA</sup>
±s.d.		0,276	0,000	0,000	0,063	0,000	0,008	0,004	0,032	0,089	0,045

ASM: Ausgangsmaterial (\*ohne bzw. \*mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A70:** Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohenschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2006; n = 3)

Variante	Tag	TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]
ASM* <sup>1</sup>	0	66,86	-	6,57	-	-	-	-	-	-	1,09
ASM* <sup>2</sup>		67,04	-	6,49	-	-	-	-	-	-	1,38
KON	5	65,01	0,51 <sup>aC</sup>	5,29 <sup>aA</sup>	1,70 <sup>dC</sup>	0,22 <sup>bC</sup>	0,00	0,00	0,96 <sup>ab</sup>	1,00 <sup>bd</sup>	2,17 <sup>bd</sup>
MEL		65,11	0,39 <sup>bd</sup>	4,92 <sup>bA</sup>	2,31 <sup>cd</sup>	0,27 <sup>aC</sup>	0,00	0,00	0,91 <sup>a</sup>	1,13 <sup>ad</sup>	2,40 <sup>ad</sup>
MSB		65,02	0,41 <sup>bd</sup>	4,22 <sup>cA</sup>	4,18 <sup>bb</sup>	0,24 <sup>abB</sup>	0,00	0,00	0,32 <sup>b</sup>	0,38 <sup>cd</sup>	2,15 <sup>bc</sup>
MSB+MEL		64,75	0,39 <sup>bc</sup>	4,22 <sup>cA</sup>	4,34 <sup>aC</sup>	0,25 <sup>abC</sup>	0,00	0,00	0,28 <sup>b</sup>	0,38 <sup>cd</sup>	2,33 <sup>abc</sup>
KON	15	64,90	0,92 <sup>ab</sup>	4,66 <sup>ab</sup>	3,15 <sup>cb</sup>	0,24 <sup>bC</sup>	0,00	0,00	1,08 <sup>aA</sup>	1,50 <sup>aC</sup>	2,72 <sup>bc</sup>
MEL		64,91	0,67 <sup>bc</sup>	4,42 <sup>bb</sup>	4,04 <sup>bc</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	0,05	0,00	0,95 <sup>a</sup>	1,46 <sup>aC</sup>	2,97 <sup>aC</sup>
MSB		65,14	0,48 <sup>cC</sup>	4,11 <sup>cc</sup>	5,21 <sup>aA</sup>	0,25 <sup>bb</sup>	0,00	0,00	0,35 <sup>b</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	2,61 <sup>cb</sup>
MSB+MEL		64,81	0,47 <sup>cb</sup>	4,10 <sup>cc</sup>	5,39 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	0,00	0,00	0,34 <sup>b</sup>	0,56 <sup>bc</sup>	2,74 <sup>bb</sup>
KON	50	65,44	1,13 <sup>aAB</sup>	4,31 <sup>aC</sup>	3,96 <sup>dA</sup>	0,32 <sup>bb</sup>	0,00	0,00	0,95 <sup>ab</sup>	1,95 <sup>ab</sup>	2,90 <sup>bb</sup>
MEL		65,50	0,96 <sup>ab</sup>	4,26 <sup>bc</sup>	4,55 <sup>cb</sup>	0,38 <sup>aA</sup>	0,00	0,00	0,95 <sup>a</sup>	1,84 <sup>ab</sup>	3,23 <sup>ab</sup>
MSB		65,35	0,69 <sup>bb</sup>	4,09 <sup>cd</sup>	5,01 <sup>bA</sup>	0,26 <sup>cAB</sup>	0,00	0,00	0,35 <sup>b</sup>	0,82 <sup>bb</sup>	2,68 <sup>cb</sup>
MSB+MEL		65,24	0,66 <sup>ba</sup>	4,06 <sup>cd</sup>	5,51 <sup>aA</sup>	0,32 <sup>baB</sup>	0,00	0,00	0,33 <sup>b</sup>	0,79 <sup>bb</sup>	2,96 <sup>ba</sup>
KON	90	65,47	1,28 <sup>aA</sup>	4,31 <sup>aC</sup>	4,30 <sup>cA</sup>	0,36 <sup>aA</sup>	0,00	0,00	1,02 <sup>ab</sup>	2,41 <sup>aA</sup>	3,28 <sup>ba</sup>
MEL		65,32	1,06 <sup>bA</sup>	4,29 <sup>aC</sup>	4,64 <sup>bA</sup>	0,39 <sup>aA</sup>	0,00	0,00	0,94 <sup>a</sup>	2,14 <sup>ba</sup>	3,33 <sup>aA</sup>
MSB		66,25	0,75 <sup>cA</sup>	4,15 <sup>bb</sup>	5,09 <sup>aA</sup>	0,28 <sup>cA</sup>	0,00	0,00	0,37 <sup>b</sup>	1,05 <sup>cA</sup>	2,95 <sup>cA</sup>
MSB+MEL		64,84	0,72 <sup>cA</sup>	4,14 <sup>bb</sup>	5,37 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>ba</sup>	0,00	0,00	0,34 <sup>b</sup>	0,93 <sup>dA</sup>	2,97 <sup>cA</sup>
±s.d.		0,288	0,077	0,032	0,130	0,000	0,000	0,000	0,055	0,055	0,077

ASM: Ausgangsmaterial (\*ohne bzw. \*mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A71:** Ausgewählte Gärparameter in Erbsenschrotsilagen ('Lisa') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsiliierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	64,42	-	6,52	-	-	-	-	-	-	0,90	66,97	-	6,59
ASM* <sup>2</sup>		64,65	-	6,55	-	-	-	-	-	-	1,07	67,15	-	6,55
KON	5	64,52	0,42 <sup>ab</sup>	5,78 <sup>aA</sup>	1,06 <sup>cd</sup>	0,15 <sup>cC</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,00	0,72 <sup>abc</sup>	0,70 <sup>aC</sup>	1,78 <sup>cd</sup>	66,53	0,50 <sup>AB</sup>	6,18 <sup>aA</sup>
MEL		65,01	0,37 <sup>ad</sup>	5,38 <sup>bA</sup>	1,39 <sup>cd</sup>	0,31 <sup>bc</sup>	0,01	0,00	0,77 <sup>aA</sup>	0,57 <sup>bd</sup>	2,06 <sup>bd</sup>	66,17	0,37 <sup>C</sup>	6,20 <sup>aA</sup>
MSB		64,96	0,30 <sup>bd</sup>	4,28 <sup>cA</sup>	4,41 <sup>bd</sup>	0,32 <sup>bc</sup>	0,01	0,01	0,41 <sup>bb</sup>	0,30 <sup>cC</sup>	2,10 <sup>bd</sup>	65,24	0,37 <sup>D</sup>	4,41 <sup>bA</sup>
MSB+MEL		64,98	0,29 <sup>bd</sup>	4,32 <sup>cA</sup>	4,63 <sup>ac</sup>	0,36 <sup>ac</sup>	0,01	0,00	0,38 <sup>bb</sup>	0,30 <sup>cC</sup>	2,35 <sup>ad</sup>	65,32	0,36 <sup>D</sup>	4,37 <sup>cA</sup>
KON	15	64,90	0,56 <sup>abB</sup>	4,91 <sup>aB</sup>	2,43 <sup>bc</sup>	0,25 <sup>cb</sup>	0,01 <sup>AB</sup>	0,00	0,74 <sup>ab</sup>	1,03 <sup>aC</sup>	2,26 <sup>bc</sup>	63,08	0,89 <sup>aAB</sup>	5,44 <sup>aB</sup>
MEL		64,29	0,73 <sup>aC</sup>	4,60 <sup>aB</sup>	3,03 <sup>bc</sup>	0,45 <sup>ab</sup>	0,03	0,01	0,56 <sup>bc</sup>	0,90 <sup>aC</sup>	2,44 <sup>aC</sup>	67,47	0,82 <sup>aB</sup>	5,37 <sup>aB</sup>
MSB		64,06	0,38 <sup>bc</sup>	4,12 <sup>bb</sup>	4,93 <sup>ac</sup>	0,39 <sup>bb</sup>	0,01	0,00	0,38 <sup>cb</sup>	0,36 <sup>bbc</sup>	2,32 <sup>abc</sup>	63,81	0,50 <sup>bc</sup>	4,10 <sup>bc</sup>
MSB+MEL		63,61	0,37 <sup>bc</sup>	4,14 <sup>bc</sup>	5,01 <sup>ab</sup>	0,44 <sup>abB</sup>	0,02	0,01	0,39 <sup>cb</sup>	0,35 <sup>bc</sup>	2,45 <sup>aC</sup>	65,99	0,46 <sup>bc</sup>	4,12 <sup>bc</sup>
KON	50	63,85	1,22 <sup>aA</sup>	4,42 <sup>aC</sup>	4,26 <sup>bb</sup>	0,38 <sup>ba</sup>	0,03 <sup>AB</sup>	0,00	1,00 <sup>aA</sup>	1,54 <sup>ab</sup>	2,71 <sup>bb</sup>	64,01	1,28 <sup>aA</sup>	4,87 <sup>aC</sup>
MEL		64,46	1,00 <sup>bb</sup>	4,37 <sup>bc</sup>	4,29 <sup>bb</sup>	0,53 <sup>aA</sup>	0,02	0,01	0,76 <sup>ba</sup>	1,34 <sup>bb</sup>	2,90 <sup>ab</sup>	63,88	1,31 <sup>aA</sup>	4,71 <sup>bc</sup>
MSB		64,46	0,61 <sup>cb</sup>	4,14 <sup>db</sup>	5,10 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>bAB</sup>	0,01	0,00	0,38 <sup>cb</sup>	0,61 <sup>cb</sup>	2,55 <sup>cb</sup>	63,23	0,70 <sup>bb</sup>	4,15 <sup>cb</sup>
MSB+MEL		64,08	0,57 <sup>cb</sup>	4,16 <sup>cb</sup>	5,12 <sup>ab</sup>	0,44 <sup>bb</sup>	0,04	0,01	0,42 <sup>cAB</sup>	0,58 <sup>cb</sup>	2,72 <sup>bb</sup>	62,76	0,66 <sup>bb</sup>	4,15 <sup>cb</sup>
KON	90	63,68	1,35 <sup>aA</sup>	4,38 <sup>aC</sup>	4,46 <sup>ba</sup>	0,40 <sup>cA</sup>	0,04 <sup>A</sup>	0,00	0,62 <sup>aC</sup>	1,80 <sup>aA</sup>	2,85 <sup>cA</sup>	63,60	0,37 <sup>B</sup>	4,77 <sup>aD</sup>
MEL		64,31	1,38 <sup>aA</sup>	4,34 <sup>aC</sup>	4,46 <sup>ba</sup>	0,57 <sup>aA</sup>	0,04	0,01	0,68 <sup>ab</sup>	1,52 <sup>ba</sup>	3,08 <sup>aA</sup>	64,43	1,33 <sup>A</sup>	4,59 <sup>bd</sup>
MSB		63,52	0,87 <sup>ba</sup>	4,14 <sup>bb</sup>	5,49 <sup>aA</sup>	0,43 <sup>cA</sup>	0,04	0,00	0,50 <sup>ba</sup>	0,79 <sup>ca</sup>	2,76 <sup>da</sup>	63,62	0,82 <sup>A</sup>	4,12 <sup>dc</sup>
MSB+MEL		63,64	0,88 <sup>ba</sup>	4,15 <sup>bbc</sup>	5,51 <sup>aA</sup>	0,48 <sup>ba</sup>	0,02	0,01	0,49 <sup>ba</sup>	0,73 <sup>da</sup>	2,99 <sup>ba</sup>	62,85	0,78 <sup>A</sup>	4,15 <sup>cb</sup>
±s.d.		0,390	0,055	0,045	0,100	0,032	0,007	0,004	0,045	0,055	0,055	0,845	0,239	0,000

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A72:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Borlu') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005				2006						2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	67,24	-	5,78	-	-	-	-	-	-	1,49	65,53	-	6,11
ASM* <sup>2</sup>		67,42	-	5,78	-	-	-	-	-	-	1,69	65,74	-	6,12
KON	5	66,13	0,05 <sup>bD</sup>	5,82 <sup>aB</sup>	0,00 <sup>cC</sup>	0,11 <sup>cC</sup>	0,01	0,01	0,07 <sup>B</sup>	0,19 <sup>abD</sup>	1,72 <sup>dC</sup>	65,38	0,11 <sup>C</sup>	5,87 <sup>aA</sup>
MEL		67,22	0,03 <sup>abC</sup>	5,84 <sup>aA</sup>	0,10 <sup>cD</sup>	0,15 <sup>cD</sup>	0,01	0,01	0,06 <sup>C</sup>	0,17 <sup>bD</sup>	1,92 <sup>cC</sup>	65,18	0,06 <sup>D</sup>	5,86 <sup>aA</sup>
MSB		67,07	0,08 <sup>aD</sup>	4,86 <sup>bA</sup>	1,85 <sup>bC</sup>	0,19 <sup>bC</sup>	0,01	0,02	0,07 <sup>B</sup>	0,20 <sup>abD</sup>	2,10 <sup>bD</sup>	64,02	0,13 <sup>D</sup>	4,43 <sup>bA</sup>
MSB+MEL		66,98	0,10 <sup>aD</sup>	4,67 <sup>cA</sup>	2,68 <sup>aC</sup>	0,26 <sup>aC</sup>	0,00 <sup>C</sup>	0,01	0,08 <sup>AB</sup>	0,22 <sup>aD</sup>	2,47 <sup>aD</sup>	64,53	0,11 <sup>D</sup>	4,42 <sup>bA</sup>
KON	15	66,84	0,16 <sup>bC</sup>	5,89 <sup>aA</sup>	0,10 <sup>dC</sup>	0,22 <sup>cA</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,02	0,10 <sup>aB</sup>	0,35 <sup>aC</sup>	2,22 <sup>dB</sup>	62,56	0,36 <sup>aB</sup>	5,37 <sup>aB</sup>
MEL		67,37	0,15 <sup>bC</sup>	5,67 <sup>bB</sup>	0,44 <sup>cC</sup>	0,25 <sup>cC</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,02	0,10 <sup>abBC</sup>	0,28 <sup>bC</sup>	2,36 <sup>cB</sup>	63,33	0,29 <sup>bC</sup>	5,13 <sup>bB</sup>
MSB		66,65	0,28 <sup>aC</sup>	4,28 <sup>cB</sup>	4,53 <sup>bB</sup>	0,37 <sup>bB</sup>	0,01 <sup>ab</sup>	0,01	0,08 <sup>bcB</sup>	0,27 <sup>bC</sup>	2,84 <sup>bC</sup>	63,82	0,23 <sup>cC</sup>	4,11 <sup>cB</sup>
MSB+MEL		66,77	0,30 <sup>aC</sup>	4,26 <sup>cB</sup>	4,94 <sup>aB</sup>	0,46 <sup>aB</sup>	0,01 <sup>bB</sup>	0,01	0,06 <sup>cB</sup>	0,29 <sup>bC</sup>	3,10 <sup>aC</sup>	64,40	0,21 <sup>dC</sup>	4,11 <sup>cC</sup>
KON	50	66,67	0,47 <sup>B</sup>	5,51 <sup>aC</sup>	0,61 <sup>cB</sup>	0,19 <sup>cB</sup>	0,01	0,02	0,14 <sup>aB</sup>	0,65 <sup>bB</sup>	2,75 <sup>aA</sup>	62,87	0,95 <sup>aA</sup>	4,67 <sup>aC</sup>
MEL		66,76	0,53 <sup>B</sup>	4,79 <sup>bC</sup>	2,43 <sup>bB</sup>	0,32 <sup>bB</sup>	0,01	0,02	0,14 <sup>aAB</sup>	0,70 <sup>aB</sup>	3,33 <sup>bA</sup>	63,51	0,85 <sup>aB</sup>	4,64 <sup>aC</sup>
MSB		66,43	0,51 <sup>B</sup>	4,17 <sup>cC</sup>	5,33 <sup>aA</sup>	0,54 <sup>aA</sup>	0,02	0,00	0,03 <sup>cC</sup>	0,54 <sup>cB</sup>	3,43 <sup>bA</sup>	62,15	0,39 <sup>bB</sup>	4,07 <sup>bC</sup>
MSB+MEL		66,64	0,51 <sup>B</sup>	4,20 <sup>cC</sup>	5,26 <sup>aA</sup>	0,60 <sup>aA</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,02	0,08 <sup>bAB</sup>	0,52 <sup>cB</sup>	3,68 <sup>aA</sup>	62,66	0,38 <sup>bB</sup>	4,08 <sup>bD</sup>
KON	90	65,48	2,04 <sup>aA</sup>	5,33 <sup>aD</sup>	1,06 <sup>cA</sup>	0,12 <sup>dC</sup>	0,02	0,00	0,71 <sup>aA</sup>	0,96 <sup>aA</sup>	2,70 <sup>cA</sup>	61,58	1,10 <sup>aA</sup>	4,58 <sup>aC</sup>
MEL		66,75	0,84 <sup>bA</sup>	4,69 <sup>bD</sup>	2,74 <sup>bA</sup>	0,39 <sup>cA</sup>	0,01	0,01	0,20 <sup>bA</sup>	0,99 <sup>aA</sup>	3,26 <sup>abA</sup>	62,39	1,07 <sup>aA</sup>	4,48 <sup>aD</sup>
MSB		66,38	0,77 <sup>bA</sup>	4,23 <sup>cBC</sup>	4,75 <sup>aB</sup>	0,52 <sup>bA</sup>	0,01	0,02	0,10 <sup>bA</sup>	0,65 <sup>bA</sup>	3,15 <sup>bB</sup>	61,23	0,46 <sup>bA</sup>	4,11 <sup>bB</sup>
MSB+MEL		66,11	0,71 <sup>bA</sup>	4,24 <sup>cB</sup>	4,94 <sup>aB</sup>	0,60 <sup>aA</sup>	0,02 <sup>A</sup>	0,02	0,09 <sup>bA</sup>	0,65 <sup>bA</sup>	3,41 <sup>aB</sup>	62,63	0,43 <sup>bA</sup>	4,13 <sup>bB</sup>
±s.d.		0,324	0,063	0,000	0,084	0,032	0,005	0,005	0,045	0,000	0,063	0,686	0,055	0,032

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante



**A73:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Bora') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	67,11	-	5,76	-	-	-	-	-	-	1,56	66,24	-	5,97
ASM* <sup>2</sup>		67,29	-	5,77	-	-	-	-	-	-	1,79	66,44	-	5,94
KON	5	67,12	0,05 <sup>B</sup>	5,85 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>cD</sup>	0,10 <sup>bC</sup>	0,01	0,02	0,08 <sup>B</sup>	0,21 <sup>bD</sup>	1,87 <sup>dD</sup>	65,30	0,12 <sup>dD</sup>	5,96 <sup>aA</sup>
MEL		67,15	0,05 <sup>D</sup>	5,78 <sup>aA</sup>	0,16 <sup>bC</sup>	0,14 <sup>bC</sup>	0,00	0,01	0,08 <sup>C</sup>	0,23 <sup>bD</sup>	2,01 <sup>cC</sup>	65,22	0,13 <sup>cD</sup>	5,91 <sup>bA</sup>
MSB		66,38	0,14 <sup>D</sup>	4,62 <sup>bA</sup>	2,78 <sup>aB</sup>	0,25 <sup>aD</sup>	0,01	0,01	0,08 <sup>B</sup>	0,23 <sup>bD</sup>	2,30 <sup>bD</sup>	64,70	0,19 <sup>aD</sup>	4,27 <sup>cA</sup>
MSB+MEL		66,47	0,13 <sup>D</sup>	4,53 <sup>cA</sup>	3,29 <sup>aC</sup>	0,28 <sup>aC</sup>	0,00	0,01	0,08 <sup>C</sup>	0,28 <sup>aD</sup>	2,54 <sup>aD</sup>	65,17	0,17 <sup>bD</sup>	4,24 <sup>cA</sup>
KON	15	67,15	0,15 <sup>cB</sup>	5,83 <sup>aA</sup>	0,25 <sup>cC</sup>	0,20 <sup>dB</sup>	0,01	0,01	0,12 <sup>aB</sup>	0,45 <sup>aC</sup>	2,27 <sup>dC</sup>	66,47	0,35 <sup>aC</sup>	5,80 <sup>aB</sup>
MEL		67,54	0,19 <sup>bC</sup>	5,07 <sup>bB</sup>	1,66 <sup>bB</sup>	0,27 <sup>cB</sup>	0,01	0,02	0,10 <sup>abB</sup>	0,43 <sup>abC</sup>	2,71 <sup>cB</sup>	65,99	0,34 <sup>aC</sup>	5,46 <sup>bB</sup>
MSB		66,52	0,30 <sup>aC</sup>	4,21 <sup>cB</sup>	5,35 <sup>aA</sup>	0,49 <sup>bC</sup>	0,01	0,01	0,08 <sup>bB</sup>	0,40 <sup>bcC</sup>	3,04 <sup>bC</sup>	65,28	0,26 <sup>bC</sup>	4,11 <sup>cB</sup>
MSB+MEL		66,66	0,30 <sup>aC</sup>	4,21 <sup>cB</sup>	5,54 <sup>aB</sup>	0,56 <sup>aB</sup>	0,01	0,01	0,10 <sup>abBC</sup>	0,37 <sup>cC</sup>	3,27 <sup>aC</sup>	65,58	0,25 <sup>bC</sup>	4,11 <sup>cB</sup>
KON	50	66,41	0,99 <sup>aA</sup>	5,15 <sup>aB</sup>	1,36 <sup>dB</sup>	0,31 <sup>dA</sup>	0,01	0,01	0,93 <sup>aA</sup>	0,85 <sup>aB</sup>	2,97 <sup>cB</sup>	63,53	0,68 <sup>aB</sup>	5,18 <sup>aC</sup>
MEL		66,92	0,49 <sup>bB</sup>	4,37 <sup>bD</sup>	4,04 <sup>cA</sup>	0,49 <sup>cA</sup>	0,01	0,02	0,15 <sup>bA</sup>	0,74 <sup>bB</sup>	3,48 <sup>abA</sup>	63,16	0,67 <sup>aB</sup>	4,77 <sup>bC</sup>
MSB		66,21	0,51 <sup>bB</sup>	4,13 <sup>cC</sup>	5,58 <sup>bA</sup>	0,61 <sup>bB</sup>	0,01	0,02	0,10 <sup>bAB</sup>	0,62 <sup>cB</sup>	3,42 <sup>bB</sup>	63,59	0,43 <sup>bB</sup>	4,06 <sup>cD</sup>
MSB+MEL		64,80	0,54 <sup>bB</sup>	4,14 <sup>cD</sup>	5,89 <sup>aA</sup>	0,75 <sup>aA</sup>	0,01	0,02	0,11 <sup>bAB</sup>	0,64 <sup>cB</sup>	3,57 <sup>aB</sup>	64,04	0,43 <sup>bB</sup>	4,09 <sup>cC</sup>
KON	90	65,97	0,90 <sup>A</sup>	4,89 <sup>aC</sup>	2,06 <sup>cA</sup>	0,34 <sup>dA</sup>	0,04	0,00	0,20 <sup>B</sup>	1,20 <sup>aA</sup>	3,19 <sup>cA</sup>	63,49	0,96 <sup>aA</sup>	4,85 <sup>aD</sup>
MEL		66,37	0,71 <sup>A</sup>	4,40 <sup>bC</sup>	4,08 <sup>bA</sup>	0,55 <sup>cA</sup>	0,01	0,02	0,15 <sup>A</sup>	0,95 <sup>bA</sup>	3,60 <sup>bA</sup>	63,45	0,88 <sup>aA</sup>	4,56 <sup>bD</sup>
MSB		66,05	0,73 <sup>A</sup>	4,17 <sup>cB</sup>	5,55 <sup>aA</sup>	0,68 <sup>bA</sup>	0,01	0,02	0,11 <sup>A</sup>	0,81 <sup>cA</sup>	3,52 <sup>bA</sup>	63,07	0,52 <sup>bA</sup>	4,08 <sup>cC</sup>
MSB+MEL		65,79	0,71 <sup>A</sup>	4,19 <sup>cC</sup>	5,70 <sup>aAB</sup>	0,77 <sup>aA</sup>	0,01	0,02	0,12 <sup>A</sup>	0,83 <sup>cA</sup>	3,78 <sup>aA</sup>	63,73	0,50 <sup>bA</sup>	4,09 <sup>cC</sup>
±s.d.		0,285	0,110	0,032	0,105	0,032	0,009	0,004	0,045	0,032	0,055	0,308	0,032	0,032

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A74:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Bitterlupine: 'Azuro') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 65 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	66,07	-	5,76	-	-	-	-	-	-	1,62	66,61	-	5,96
ASM* <sup>2</sup>		66,27	-	5,78	-	-	-	-	-	-	1,86	66,80	-	6,11
KON	5	67,63	0,03 <sup>cd</sup>	5,76 <sup>aA</sup>	0,07 <sup>dB</sup>	0,09 <sup>BD</sup>	0,01 <sup>C</sup>	0,01	0,09 <sup>C</sup>	0,23 <sup>aD</sup>	2,06 <sup>BD</sup>	66,94	0,12 <sup>D</sup>	5,60 <sup>aA</sup>
MEL		66,91	0,03 <sup>cd</sup>	5,76 <sup>aA</sup>	0,23 <sup>cC</sup>	0,19 <sup>aC</sup>	0,02	0,01	0,10 <sup>C</sup>	0,22 <sup>abD</sup>	2,08 <sup>bc</sup>	67,16	0,12 <sup>D</sup>	5,48 <sup>bA</sup>
MSB		66,66	0,05 <sup>bb</sup>	4,47 <sup>bA</sup>	3,15 <sup>bb</sup>	0,12 <sup>abC</sup>	0,03 <sup>AB</sup>	0,01	0,07 <sup>B</sup>	0,20 <sup>bD</sup>	2,11 <sup>bD</sup>	66,23	0,11 <sup>D</sup>	4,93 <sup>cA</sup>
MSB+MEL		66,18	0,06 <sup>aD</sup>	4,40 <sup>cA</sup>	4,10 <sup>aB</sup>	0,17 <sup>abD</sup>	0,03 <sup>AB</sup>	0,01	0,07 <sup>B</sup>	0,22 <sup>abD</sup>	2,56 <sup>aD</sup>	66,71	0,10 <sup>D</sup>	4,81 <sup>dA</sup>
KON	15	66,81	0,12 <sup>bc</sup>	5,60 <sup>aB</sup>	0,34 <sup>dC</sup>	0,29 <sup>cC</sup>	0,03 <sup>B</sup>	0,01	0,13 <sup>bc</sup>	0,42 <sup>aC</sup>	2,48 <sup>cC</sup>	63,79	0,41 <sup>aC</sup>	5,03 <sup>aB</sup>
MEL		67,06	0,18 <sup>aC</sup>	5,19 <sup>bB</sup>	1,24 <sup>cB</sup>	1,00 <sup>aA</sup>	0,04	0,00	0,82 <sup>aA</sup>	0,38 <sup>abC</sup>	2,79 <sup>bB</sup>	63,08	0,41 <sup>aC</sup>	4,95 <sup>aB</sup>
MSB		66,14	0,14 <sup>bb</sup>	4,13 <sup>cB</sup>	5,39 <sup>bA</sup>	0,27 <sup>cB</sup>	0,03 <sup>A</sup>	0,00	0,09 <sup>cAB</sup>	0,33 <sup>bc</sup>	2,99 <sup>bc</sup>	62,68	0,28 <sup>bc</sup>	4,43 <sup>bb</sup>
MSB+MEL		65,42	0,21 <sup>abC</sup>	4,11 <sup>cB</sup>	5,90 <sup>aA</sup>	0,40 <sup>bc</sup>	0,03 <sup>A</sup>	0,01	0,11 <sup>bcA</sup>	0,37 <sup>abC</sup>	3,22 <sup>aC</sup>	62,76	0,25 <sup>bc</sup>	4,31 <sup>cB</sup>
KON	50	66,15	0,46 <sup>aB</sup>	5,06 <sup>aC</sup>	1,25 <sup>dB</sup>	0,84 <sup>aA</sup>	0,07 <sup>aA</sup>	0,00	0,72 <sup>aA</sup>	0,73 <sup>aB</sup>	2,85 <sup>cB</sup>	64,58	0,75 <sup>aB</sup>	4,52 <sup>aC</sup>
MEL		65,97	0,51 <sup>aB</sup>	4,53 <sup>bC</sup>	3,51 <sup>cA</sup>	0,72 <sup>bb</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,01	0,22 <sup>bb</sup>	0,70 <sup>aB</sup>	3,54 <sup>aA</sup>	64,57	0,78 <sup>aB</sup>	4,54 <sup>aC</sup>
MSB		65,80	0,39 <sup>abAB</sup>	4,13 <sup>cB</sup>	5,30 <sup>bA</sup>	0,35 <sup>dA</sup>	0,02 <sup>bAB</sup>	0,01	0,10 <sup>cAB</sup>	0,54 <sup>bb</sup>	3,31 <sup>bb</sup>	64,40	0,53 <sup>bb</sup>	4,13 <sup>bc</sup>
MSB+MEL		65,13	0,37 <sup>bb</sup>	4,12 <sup>cB</sup>	5,71 <sup>aA</sup>	0,44 <sup>cB</sup>	0,01 <sup>bc</sup>	0,01	0,10 <sup>cAB</sup>	0,54 <sup>bb</sup>	3,47 <sup>aB</sup>	64,95	0,43 <sup>cB</sup>	4,14 <sup>bc</sup>
KON	90	66,51	0,74 <sup>bA</sup>	4,83 <sup>aD</sup>	1,81 <sup>dA</sup>	0,57 <sup>BB</sup>	0,01 <sup>C</sup>	0,00	0,20 <sup>aB</sup>	1,09 <sup>aA</sup>	3,32 <sup>bA</sup>	63,24	0,99 <sup>aA</sup>	4,45 <sup>bd</sup>
MEL		66,64	0,82 <sup>aA</sup>	4,49 <sup>bD</sup>	3,39 <sup>cA</sup>	0,75 <sup>aB</sup>	0,01	0,01	0,21 <sup>aB</sup>	0,92 <sup>bA</sup>	3,77 <sup>aA</sup>	63,51	0,98 <sup>aA</sup>	4,49 <sup>aC</sup>
MSB		66,72	0,75 <sup>abcA</sup>	4,11 <sup>cB</sup>	5,29 <sup>bA</sup>	0,40 <sup>dA</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,12 <sup>bA</sup>	0,70 <sup>cA</sup>	3,49 <sup>bA</sup>	63,42	0,60 <sup>bA</sup>	4,15 <sup>cC</sup>
MSB+MEL		65,56	0,53 <sup>cA</sup>	4,12 <sup>cB</sup>	5,69 <sup>aA</sup>	0,49 <sup>cA</sup>	0,02 <sup>AB</sup>	0,00	0,10 <sup>bAB</sup>	0,68 <sup>cA</sup>	3,69 <sup>aA</sup>	63,41	0,50 <sup>cA</sup>	4,15 <sup>cC</sup>
±s.d.		0,338	0,105	0,000	0,071	0,032	0,008	0,004	0,032	0,032	0,283	0,251	0,000	0,032

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A75:** Ausgewählte Gärparameter in Körnerschrotsilagen nach 5 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Siliierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut (ca. 75 % TS; Versuch 2005, 2006; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	2005 Tage	TS [%]	pH-Wert		Osmolalität [osmol/kg TS]		2006 Tage	TS [%]	pH-Wert		Osmolalität [osmol/kg TS]	
Acker- bohne 'Limbo'	ASM* <sup>1</sup>	0	75,6 ±0,1	6,4 <sup>a</sup>	±0,0	1,96 <sup>d</sup>	±0,03	0	77,0 ±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,94 <sup>d</sup>	±0,03
	ASM* <sup>2</sup>	0	75,6 ±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	2,25 <sup>b</sup>	±0,05	0	77,0 ±0,1	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	1,69 <sup>c</sup>	±0,05
	KON	5	75,2 ±0,0	6,4 <sup>c</sup>	±0,0	2,09 <sup>c</sup>	±0,07	5	75,9 ±0,3	6,4 <sup>b</sup>	±0,0	2,18 <sup>b</sup>	±0,05
	MEL	5	75,4 ±0,1	6,4 <sup>b</sup>	±0,0	2,35 <sup>ab</sup>	±0,02	5	78,4 ±0,1	6,4 <sup>b</sup>	±0,0	2,96 <sup>a</sup>	±0,56
	MSB MSB+MEL	5 5	75,2 ±0,0 74,9 ±0,1	6,4 <sup>d</sup> 6,3 <sup>c</sup>	±0,0 ±0,0	2,06 <sup>cd</sup> 2,38 <sup>a</sup>	±0,08 ±0,11	5 5	75,2 ±0,1 75,2 ±0,2	6,4 <sup>b</sup> 6,4 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	2,18 <sup>b</sup> 2,50 <sup>ab</sup>	±0,09 ±0,05
Erbse 'Lisa'	ASM* <sup>1</sup>	0	75,1 ±0,1	6,6	±0,0	1,45 <sup>c</sup>	±0,02	0	76,2 ±0,7	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	ASM* <sup>2</sup>	0	75,1 ±0,1	6,5	±0,0	1,78 <sup>d</sup>	±0,10	0	76,2 ±0,2	6,5 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	KON	5	75,9 ±0,1	6,6	±0,0	1,98 <sup>c</sup>	±0,03	5	77,5 ±0,1	6,3 <sup>c</sup>	±0,0	n. a.	
	MEL	5	75,6 ±0,6	6,6	±0,0	2,25 <sup>a</sup>	±0,08	5	77,3 ±0,2	6,4 <sup>b</sup>	±0,0	n. a.	
	MSB MSB+MEL	5 5	74,8 ±0,5 74,4 ±0,1	6,6 6,5	±0,0 ±0,0	1,89 <sup>c</sup> 2,11 <sup>b</sup>	±0,03 ±0,05	5 5	76,0 ±0,1 77,7 ±0,2	6,4 <sup>c</sup> 6,4 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	n. a. n. a.	
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM* <sup>1</sup>	0	73,9 ±0,3	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	1,69 <sup>d</sup>	±0,06	0	75,2 ±0,2	6,2 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	ASM* <sup>2</sup>	0	73,9 ±0,3	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	2,06 <sup>c</sup>	±0,17	0	75,2 ±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	KON	5	74,6 ±0,1	5,8 <sup>b</sup>	±0,0	2,41 <sup>b</sup>	±0,06	5	74,1 ±0,1	5,8 <sup>c</sup>	±0,0	n. a.	
	MEL	5	74,6 ±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,0	2,66 <sup>a</sup>	±0,11	5	74,0 ±0,2	5,8 <sup>b</sup>	±0,0	n. a.	
	MSB MSB+MEL	5 5	74,0 ±0,2 73,9 ±0,2	5,8 <sup>b</sup> 5,8 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	2,29 <sup>b</sup> 2,58 <sup>a</sup>	±0,08 ±0,08	5 5	72,3 ±0,1 74,1 ±0,1	5,8 <sup>c</sup> 5,9 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	n. a. n. a.	
'Bora'	ASM* <sup>1</sup>	0	74,6 ±0,1	5,9 <sup>a</sup>	±0,0	2,35 <sup>b</sup>	±0,11	0	77,5 ±0,2	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	ASM* <sup>2</sup>	0	74,6 ±0,1	5,9 <sup>a</sup>	±0,0	2,52 <sup>ab</sup>	±0,20	0	77,5 ±0,1	6,0 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	KON	5	74,7 ±0,1	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	2,35 <sup>b</sup>	±0,06	5	77,9 ±0,1	5,9 <sup>b</sup>	±0,0	n. a.	
	MEL	5	75,1 ±0,3	5,7 <sup>b</sup>	±0,0	2,73 <sup>a</sup>	±0,03	5	78,2 ±0,1	5,9 <sup>b</sup>	±0,0	n. a.	
	MSB MSB+MEL	5 5	74,7 ±0,2 74,6 ±0,3	5,7 <sup>b</sup> 5,7 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	2,41 <sup>b</sup> 2,70 <sup>a</sup>	±0,12 ±0,14	5 5	77,4 ±0,2 77,1 ±0,1	5,9 <sup>b</sup> 5,9 <sup>b</sup>	±0,0 ±0,0	n. a. n. a.	
(bitter) 'Azuro'	ASM* <sup>1</sup>	0	70,8 ±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	1,78 <sup>d</sup>	±0,01	0	76,4 ±0,3	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	ASM* <sup>2</sup>	0	70,9 ±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	2,00 <sup>c</sup>	±0,07	0	76,4 ±0,1	6,1 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.	
	KON	5	71,7 ±0,1	5,9 <sup>b</sup>	±0,0	2,11 <sup>b</sup>	±0,07	5	77,7 ±0,2	5,8 <sup>c</sup>	±0,0	n. a.	
	MEL	5	71,6 ±0,1	5,9 <sup>b</sup>	±0,0	2,28 <sup>a</sup>	±0,01	5	77,6 ±0,1	5,8 <sup>b</sup>	±0,0	n. a.	
	MSB MSB+MEL	5 5	71,3 ±0,1 71,1 ±0,3	5,8 <sup>c</sup> 5,8 <sup>c</sup>	±0,0 ±0,0	2,12 <sup>b</sup> 2,30 <sup>a</sup>	±0,04 ±0,04	5 5	76,7 ±0,3 76,7 ±0,3	5,8 <sup>c</sup> 5,8 <sup>bc</sup>	±0,0 ±0,0	n. a. n. a.	

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup>, 2 % der Frischmasse (FM)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

**A76:** Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohenschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005; n = 3)

Variante	Tag	TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]
ASM* <sup>1</sup>	0	75,55	-	6,44	-	-	-	-	-	-	1,96
ASM* <sup>2</sup>		75,56	-	6,47	-	-	-	-	-	-	2,25
KON	5	75,24	0,01 <sup>B</sup>	6,38 <sup>BA</sup>	0,00	0,10 <sup>BB</sup>	0,01	0,01	0,05	0,22 <sup>B</sup>	2,09 <sup>BC</sup>
MEL		75,42	0,00 <sup>C</sup>	6,41 <sup>AA</sup>	0,05 <sup>C</sup>	0,11 <sup>BD</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,06 <sup>B</sup>	0,25 <sup>C</sup>	2,35 <sup>AD</sup>
MSB		75,17	0,01 <sup>B</sup>	6,35 <sup>CA</sup>	0,03 <sup>C</sup>	0,11 <sup>BB</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,07	0,21 <sup>D</sup>	2,06 <sup>BC</sup>
MSB+MEL		74,88	0,00 <sup>C</sup>	6,32 <sup>DA</sup>	0,07 <sup>C</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,07 <sup>B</sup>	0,28 <sup>C</sup>	2,38 <sup>AC</sup>
KON	15	75,14	0,04 <sup>B</sup>	6,39 <sup>AA</sup>	0,00	0,17 <sup>A</sup>	0,01	0,01	0,09	0,25 <sup>B</sup>	2,36 <sup>CB</sup>
MEL		75,09	0,03 <sup>C</sup>	6,39 <sup>AB</sup>	0,02 <sup>C</sup>	0,20 <sup>B</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,13 <sup>B</sup>	0,31 <sup>B</sup>	2,66 <sup>BC</sup>
MSB		74,94	0,04 <sup>B</sup>	6,31 <sup>BA</sup>	0,03 <sup>C</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,15	0,32 <sup>C</sup>	2,34 <sup>CB</sup>
MSB+MEL		75,28	0,04 <sup>BC</sup>	6,29 <sup>BA</sup>	0,13 <sup>C</sup>	0,25	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,13 <sup>AB</sup>	0,37 <sup>B</sup>	2,75 <sup>AB</sup>
KON	50	75,62	0,15 <sup>AB</sup>	6,26 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,23 <sup>abA</sup>	0,01	0,01	0,09 <sup>ab</sup>	0,43 <sup>abA</sup>	2,67 <sup>BA</sup>
MEL		75,57	0,16 <sup>B</sup>	6,21 <sup>AC</sup>	0,10 <sup>bb</sup>	0,24 <sup>AA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,07 <sup>bb</sup>	0,46 <sup>AA</sup>	3,05 <sup>AB</sup>
MSB		75,33	0,17 <sup>B</sup>	6,03 <sup>bb</sup>	0,19 <sup>bb</sup>	0,23 <sup>abA</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,01	0,11 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>bb</sup>	2,67 <sup>BA</sup>
MSB+MEL		75,49	0,18 <sup>B</sup>	6,00 <sup>bb</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,02 <sup>AB</sup>	0,01	0,18 <sup>abA</sup>	0,40 <sup>bb</sup>	3,14 <sup>AA</sup>
KON	90	74,85	0,33 <sup>A</sup>	6,20 <sup>abB</sup>	0,00 <sup>d</sup>	0,11 <sup>bb</sup>	0,03	0,00	0,19 <sup>ab</sup>	0,48 <sup>BA</sup>	2,60 <sup>BA</sup>
MEL		74,57	0,67 <sup>A</sup>	6,19 <sup>ad</sup>	0,19 <sup>ca</sup>	0,15 <sup>ac</sup>	0,05 <sup>A</sup>	0,01	0,46 <sup>AA</sup>	0,53 <sup>abA</sup>	3,15 <sup>AA</sup>
MSB		74,59	0,36 <sup>A</sup>	5,96 <sup>bc</sup>	0,42 <sup>ba</sup>	0,15 <sup>abAB</sup>	0,05 <sup>A</sup>	0,00	0,18 <sup>b</sup>	0,50 <sup>BA</sup>	2,65 <sup>BA</sup>
MSB+MEL		74,73	0,44 <sup>A</sup>	5,81 <sup>cc</sup>	0,61 <sup>AA</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	0,04 <sup>A</sup>	0,00	0,26 <sup>abA</sup>	0,58 <sup>AA</sup>	3,11 <sup>AA</sup>
±s.d.		0,184	0,084	0,032	0,032	0,045	0,006	0,005	0,077	0,032	0,055

ASM: Ausgangsmaterial (\*ohne bzw. \*mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A77:** Ausgewählte Gärparameter in Ackerbohenschrotsilagen ('Limbo') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2006; n = 3)

Variante	Tag	TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]
ASM* <sup>1</sup>	0	76,99	-	6,52	-	-	-	-	-	-	0,94
ASM* <sup>2</sup>		76,97	-	6,54	-	-	-	-	-	-	1,69
KON	5	75,88	0,00	6,37 <sup>B</sup>	0,00	0,06 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,07 <sup>B</sup>	0,24 <sup>B</sup>	2,18 <sup>bc</sup>
MEL		78,38	0,00	6,36 <sup>A</sup>	0,07 <sup>A</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	0,00	0,00	0,06	0,23 <sup>C</sup>	2,96 <sup>abAB</sup>
MSB		75,20	0,00 <sup>C</sup>	6,37 <sup>A</sup>	0,00	0,10 <sup>ab</sup>	0,00	0,00	0,07 <sup>C</sup>	0,22 <sup>B</sup>	2,18 <sup>bd</sup>
MSB+MEL		75,15	0,00 <sup>C</sup>	6,38 <sup>A</sup>	0,02 <sup>B</sup>	0,12 <sup>ac</sup>	0,00	0,00	0,06 <sup>B</sup>	0,26 <sup>B</sup>	2,50 <sup>abC</sup>
KON	15	76,24	0,03	6,42 <sup>AA</sup>	0,00	0,11 <sup>bBC</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,09 <sup>B</sup>	0,23 <sup>B</sup>	2,20 <sup>dc</sup>
MEL		76,11	0,03	6,35 <sup>BA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,13 <sup>bb</sup>	0,00	0,00	0,09	0,27 <sup>B</sup>	2,57 <sup>BB</sup>
MSB		75,78	0,04 <sup>C</sup>	6,36 <sup>BA</sup>	0,00	0,06 <sup>ac</sup>	0,00	0,00	0,10 <sup>C</sup>	0,25 <sup>B</sup>	2,31 <sup>cc</sup>
MSB+MEL		76,15	0,06 <sup>C</sup>	6,36 <sup>BA</sup>	0,11 <sup>B</sup>	0,14 <sup>bBC</sup>	0,00	0,00	0,10 <sup>B</sup>	0,26 <sup>B</sup>	2,71 <sup>ac</sup>
KON	50	75,81	0,17	6,23 <sup>ac</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,13 <sup>abAB</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,00	0,17 <sup>A</sup>	0,27 <sup>bb</sup>	2,64 <sup>cb</sup>
MEL		76,30	0,19	6,18 <sup>bb</sup>	0,10 <sup>ba</sup>	0,17 <sup>abA</sup>	0,00	0,00	0,22	0,33 <sup>abAB</sup>	3,10 <sup>baB</sup>
MSB		75,23	0,24 <sup>B</sup>	6,22 <sup>ab</sup>	0,01 <sup>c</sup>	0,15 <sup>abA</sup>	0,00	0,00	0,25 <sup>B</sup>	0,33 <sup>abA</sup>	2,64 <sup>cb</sup>
MSB+MEL		78,58	0,26 <sup>B</sup>	6,15 <sup>bb</sup>	0,27 <sup>AA</sup>	0,19 <sup>AA</sup>	0,00	0,00	0,25 <sup>AB</sup>	0,39 <sup>AA</sup>	3,55 <sup>AA</sup>
KON	90	75,49	0,29 <sup>b</sup>	6,20 <sup>ad</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,16 <sup>A</sup>	0,03 <sup>AA</sup>	0,00	0,26 <sup>A</sup>	0,34 <sup>A</sup>	2,78 <sup>BA</sup>
MEL		75,98	0,30 <sup>b</sup>	6,12 <sup>bc</sup>	0,10 <sup>AA</sup>	0,19 <sup>A</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,28	0,38 <sup>A</sup>	3,23 <sup>AA</sup>
MSB		74,94	0,38 <sup>abA</sup>	6,20 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,16 <sup>A</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,36 <sup>A</sup>	0,35 <sup>A</sup>	2,79 <sup>BA</sup>
MSB+MEL		74,98	0,55 <sup>AA</sup>	6,08 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>bb</sup>	0,18 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01	0,44 <sup>A</sup>	0,41 <sup>A</sup>	3,17 <sup>AB</sup>
±s.d.		0,510	0,063	0,000	0,045	0,000	0,007	0,000	0,055	0,032	0,179

ASM: Ausgangsmaterial (\*ohne bzw. \*mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A78:** Ausgewählte Gärparameter in Erbsenschrotsilagen ('Lisa') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	75,13	-	6,56	-	-	-	-	-	-	1,45	76,17	-	6,53
ASM* <sup>2</sup>		75,15	-	6,52	-	-	-	-	-	-	1,78	76,17	-	6,53
KON	5	75,86	0,03 <sup>D</sup>	6,58 <sup>A</sup>	0,01 <sup>BB</sup>	0,07 <sup>BB</sup>	0,00	0,01	0,10	0,23 <sup>AB</sup>	1,98 <sup>BD</sup>	77,50	0,00 <sup>B</sup>	6,34 <sup>BB</sup>
MEL		75,58	0,01 <sup>C</sup>	6,56 <sup>A</sup>	0,08 <sup>aC</sup>	0,10 <sup>aC</sup>	0,00	0,00	0,11 <sup>B</sup>	0,22 <sup>AB</sup>	2,25 <sup>aD</sup>	77,32	0,00 <sup>C</sup>	6,38 <sup>AB</sup>
MSB		74,76	0,02 <sup>D</sup>	6,55 <sup>A</sup>	0,01 <sup>bC</sup>	0,10 <sup>aD</sup>	0,00	0,01	0,10 <sup>B</sup>	0,18 <sup>BB</sup>	1,89 <sup>cC</sup>	76,00	0,01 <sup>D</sup>	6,35 <sup>bC</sup>
MSB+MEL		74,37	0,02 <sup>C</sup>	6,51 <sup>A</sup>	0,08 <sup>aC</sup>	0,10 <sup>abC</sup>	0,00	0,01	0,09 <sup>C</sup>	0,23 <sup>AB</sup>	2,11 <sup>BD</sup>	77,67	0,00 <sup>D</sup>	6,39 <sup>AB</sup>
KON	15	75,53	0,07 <sup>C</sup>	6,50 <sup>A</sup>	0,02 <sup>BB</sup>	0,11 <sup>AB</sup>	0,01	0,01	0,09	0,22 <sup>B</sup>	2,19 <sup>BC</sup>	76,26	0,04 <sup>B</sup>	6,43 <sup>bA</sup>
MEL		75,74	0,07 <sup>C</sup>	6,49 <sup>A</sup>	0,08 <sup>aC</sup>	0,11 <sup>B</sup>	0,01	0,00	0,07 <sup>C</sup>	0,25 <sup>B</sup>	2,50 <sup>aC</sup>	76,77	0,03 <sup>B</sup>	6,47 <sup>aA</sup>
MSB		75,43	0,07 <sup>C</sup>	6,48 <sup>A</sup>	0,03 <sup>bBC</sup>	0,13 <sup>C</sup>	0,00	0,00	0,09 <sup>B</sup>	0,21 <sup>AB</sup>	2,13 <sup>BB</sup>	75,49	0,04 <sup>B</sup>	6,49 <sup>aA</sup>
MSB+MEL		75,11	0,08 <sup>C</sup>	6,48 <sup>A</sup>	0,10 <sup>aC</sup>	0,15 <sup>B</sup>	0,01	0,00	0,07 <sup>C</sup>	0,22 <sup>B</sup>	2,38 <sup>aC</sup>	76,77	0,03 <sup>B</sup>	6,49 <sup>aA</sup>
KON	50	74,74	0,30 <sup>B</sup>	6,24 <sup>AB</sup>	0,03 <sup>bAB</sup>	0,18 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,07 <sup>c</sup>	0,32 <sup>abA</sup>	2,41 <sup>cB</sup>	73,80	0,16 <sup>A</sup>	6,35 <sup>abB</sup>
MEL		75,36	0,31 <sup>B</sup>	6,20 <sup>abB</sup>	0,14 <sup>aB</sup>	0,20 <sup>B</sup>	0,01	0,01	0,11 <sup>BB</sup>	0,34 <sup>abA</sup>	2,77 <sup>aB</sup>	74,29	0,14 <sup>B</sup>	6,35 <sup>bC</sup>
MSB		75,50	0,31 <sup>B</sup>	6,24 <sup>AB</sup>	0,05 <sup>BB</sup>	0,18 <sup>B</sup>	0,00	0,00	0,11 <sup>BB</sup>	0,30 <sup>bA</sup>	2,52 <sup>bA</sup>	72,69	0,14 <sup>B</sup>	6,38 <sup>AB</sup>
MSB+MEL		75,71	0,39 <sup>B</sup>	6,10 <sup>bB</sup>	0,22 <sup>AB</sup>	0,22 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,15 <sup>AB</sup>	0,36 <sup>aA</sup>	2,83 <sup>aB</sup>	73,59	0,15 <sup>B</sup>	6,33 <sup>bC</sup>
KON	90	74,51	0,59 <sup>A</sup>	6,00 <sup>aC</sup>	0,05 <sup>dA</sup>	0,20 <sup>bA</sup>	0,00	0,00	0,16	0,25 <sup>BB</sup>	2,60 <sup>bA</sup>	73,96	0,19 <sup>bA</sup>	6,26 <sup>aC</sup>
MEL		74,68	0,74 <sup>A</sup>	5,94 <sup>bC</sup>	0,23 <sup>bA</sup>	0,24 <sup>aA</sup>	0,01	0,00	0,16 <sup>A</sup>	0,34 <sup>aA</sup>	2,91 <sup>aA</sup>	76,80	0,21 <sup>abA</sup>	6,19 <sup>bD</sup>
MSB		74,60	0,54 <sup>A</sup>	6,00 <sup>aC</sup>	0,11 <sup>cA</sup>	0,22 <sup>bA</sup>	0,00	0,00	0,16 <sup>A</sup>	0,32 <sup>aA</sup>	2,62 <sup>bA</sup>	73,63	0,19 <sup>bA</sup>	6,26 <sup>aD</sup>
MSB+MEL		74,17	0,60 <sup>A</sup>	5,79 <sup>cC</sup>	0,45 <sup>aA</sup>	0,26 <sup>aA</sup>	0,01	0,00	0,22 <sup>A</sup>	0,35 <sup>aA</sup>	2,95 <sup>aA</sup>	75,28	0,25 <sup>aA</sup>	6,18 <sup>bD</sup>
±s.d.		0,327	0,055	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000	0,032	0,055	1,876	0,000	0,000

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A79:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Borlu') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	73,86	-	6,04	-	-	-	-	-	-	1,69	75,22	-	6,23
ASM* <sup>2</sup>		73,91	-	5,98	-	-	-	-	-	-	2,06	75,24	-	6,14
KON	5	74,57	0,01 <sup>B</sup>	5,83 <sup>bB</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,03 <sup>cB</sup>	0,00	0,00	0,06	0,16 <sup>D</sup>	2,41 <sup>bC</sup>	74,10	0,01 <sup>C</sup>	5,82 <sup>bAB</sup>
MEL		74,64	0,01 <sup>B</sup>	5,86 <sup>aA</sup>	0,06 <sup>AB</sup>	0,08 <sup>abB</sup>	0,00	0,00	0,09 <sup>B</sup>	0,18 <sup>D</sup>	2,66 <sup>aB</sup>	73,97	0,01 <sup>C</sup>	5,84 <sup>aA</sup>
MSB		74,04	0,00 <sup>C</sup>	5,83 <sup>bB</sup>	0,00	0,06 <sup>bB</sup>	0,00	0,00	0,05 <sup>B</sup>	0,17 <sup>C</sup>	2,29 <sup>bB</sup>	72,34	0,01 <sup>C</sup>	5,81 <sup>bB</sup>
MSB+MEL		73,93	0,00 <sup>C</sup>	5,84 <sup>bB</sup>	0,03 <sup>B</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,08 <sup>B</sup>	0,17 <sup>B</sup>	2,58 <sup>aC</sup>	74,14	0,02 <sup>C</sup>	5,85 <sup>aA</sup>
KON	15	74,67	0,08 <sup>B</sup>	5,88 <sup>aA</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,08 <sup>B</sup>	0,01	0,01	0,05	0,25 <sup>bC</sup>	2,67 <sup>abB</sup>	73,68	0,10 <sup>C</sup>	5,84 <sup>bA</sup>
MEL		74,78	0,08 <sup>B</sup>	5,88 <sup>aA</sup>	0,01 <sup>B</sup>	0,11 <sup>A</sup>	0,00	0,00	0,05 <sup>B</sup>	0,34 <sup>aC</sup>	2,83 <sup>aB</sup>	76,36	0,05 <sup>C</sup>	5,86 <sup>aA</sup>
MSB		74,07	0,08 <sup>C</sup>	5,87 <sup>aA</sup>	0,00	0,13 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,03 <sup>C</sup>	0,31 <sup>aB</sup>	2,55 <sup>bB</sup>	75,58	0,07 <sup>C</sup>	5,85 <sup>aA</sup>
MSB+MEL		73,66	0,09 <sup>C</sup>	5,85 <sup>bAB</sup>	0,07 <sup>B</sup>	0,13	0,00	0,00	0,05 <sup>B</sup>	0,32 <sup>aB</sup>	2,74 <sup>abC</sup>	75,24	0,06 <sup>C</sup>	5,83 <sup>bA</sup>
KON	50	73,32	0,41 <sup>A</sup>	5,84 <sup>B</sup>	0,00 <sup>cB</sup>	0,16 <sup>A</sup>	0,00	0,02	0,06	0,53 <sup>B</sup>	3,21 <sup>bA</sup>	79,97	0,49 <sup>B</sup>	5,81 <sup>aB</sup>
MEL		74,24	0,39 <sup>B</sup>	5,85 <sup>A</sup>	0,17 <sup>bA</sup>	0,14 <sup>AB</sup>	0,00	0,01	0,13 <sup>B</sup>	0,53 <sup>B</sup>	3,50 <sup>aA</sup>	74,22	0,45 <sup>B</sup>	5,80 <sup>abB</sup>
MSB		73,13	0,36 <sup>B</sup>	5,87 <sup>A</sup>	0,07 <sup>c</sup>	0,16 <sup>A</sup>	0,00	0,02	0,06 <sup>B</sup>	0,54 <sup>A</sup>	3,10 <sup>bA</sup>	73,90	0,47 <sup>B</sup>	5,82 <sup>aB</sup>
MSB+MEL		73,09	0,45 <sup>B</sup>	5,89 <sup>A</sup>	0,26 <sup>aA</sup>	0,15	0,01	0,00	0,15 <sup>B</sup>	0,57 <sup>A</sup>	3,40 <sup>aB</sup>	74,08	0,44 <sup>B</sup>	5,78 <sup>bB</sup>
KON	90	74,19	0,67 <sup>bA</sup>	5,68 <sup>C</sup>	0,03 <sup>dA</sup>	0,14 <sup>A</sup>	0,00	0,00	0,12 <sup>b</sup>	0,61 <sup>A</sup>	3,31 <sup>bA</sup>	73,13	0,84 <sup>A</sup>	5,75 <sup>aC</sup>
MEL		73,22	1,02 <sup>abA</sup>	5,69 <sup>B</sup>	0,14 <sup>bA</sup>	0,12 <sup>A</sup>	0,01	0,00	0,72 <sup>aA</sup>	0,61 <sup>A</sup>	3,61 <sup>aA</sup>	73,21	0,94 <sup>A</sup>	5,74 <sup>aC</sup>
MSB		72,89	1,36 <sup>aA</sup>	5,73 <sup>C</sup>	0,06 <sup>c</sup>	0,13 <sup>A</sup>	0,00	0,00	0,71 <sup>aA</sup>	0,64 <sup>A</sup>	3,53 <sup>bA</sup>	72,03	0,91 <sup>A</sup>	5,74 <sup>aC</sup>
MSB+MEL		72,57	0,92 <sup>abA</sup>	5,70 <sup>C</sup>	0,19 <sup>aA</sup>	0,15	0,00	0,00	0,42 <sup>bA</sup>	0,64 <sup>A</sup>	3,62 <sup>aA</sup>	72,82	0,77 <sup>A</sup>	5,71 <sup>bC</sup>
±s.d.		0,455	0,155	0,000	0,032	0,032	0,005	0,004	0,045	0,032	0,118	0,867	0,130	0,000

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A80:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Süßlupine: 'Bora') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	74,61	-	5,87	-	-	-	-	-	-	2,35	77,47	-	5,96
ASM* <sup>2</sup>		74,64	-	5,87	-	-	-	-	-	-	2,52	77,45	-	5,98
KON	5	74,72	0,01 <sup>C</sup>	5,67 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,10 <sup>cC</sup>	0,01	0,01 <sup>B</sup>	0,03 <sup>B</sup>	0,17 <sup>C</sup>	2,35 <sup>BD</sup>	77,86	0,01 <sup>D</sup>	5,94 <sup>A</sup>
MEL		75,05	0,01 <sup>C</sup>	5,69 <sup>B</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,12 <sup>bb</sup>	0,00	0,01	0,04	0,15 <sup>C</sup>	2,73 <sup>aD</sup>	78,19	0,02 <sup>D</sup>	5,94 <sup>A</sup>
MSB		74,72	0,01 <sup>D</sup>	5,67 <sup>B</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,01	0,01	0,03 <sup>C</sup>	0,16 <sup>D</sup>	2,41 <sup>bc</sup>	77,40	0,02 <sup>C</sup>	5,92 <sup>A</sup>
MSB+MEL		74,60	0,00 <sup>C</sup>	5,67 <sup>B</sup>	0,09 <sup>aA</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,01	0,01	0,04	0,16 <sup>D</sup>	2,70 <sup>aC</sup>	77,05	0,01 <sup>D</sup>	5,92 <sup>A</sup>
KON	15	75,37	0,07 <sup>C</sup>	5,65 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,02	0,01 <sup>B</sup>	0,04 <sup>B</sup>	0,22 <sup>C</sup>	2,84 <sup>bc</sup>	78,72	0,05 <sup>C</sup>	5,88 <sup>bb</sup>
MEL		75,43	0,07 <sup>C</sup>	5,66 <sup>BC</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,23 <sup>A</sup>	0,02	0,02	0,04	0,25 <sup>C</sup>	3,09 <sup>aC</sup>	78,65	0,06 <sup>C</sup>	5,90 <sup>bb</sup>
MSB		75,01	0,07 <sup>C</sup>	5,66 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,11	0,01	0,01	0,04 <sup>C</sup>	0,24 <sup>C</sup>	2,83 <sup>bb</sup>	77,93	0,06 <sup>C</sup>	5,90 <sup>abb</sup>
MSB+MEL		75,10	0,07 <sup>C</sup>	5,67 <sup>B</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,21	0,01	0,02	0,04	0,26 <sup>C</sup>	3,01 <sup>abC</sup>	77,54	0,06 <sup>C</sup>	5,92 <sup>aA</sup>
KON	50	74,56	0,32 <sup>abB</sup>	5,72 <sup>cA</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,28 <sup>aA</sup>	0,02	0,03 <sup>A</sup>	0,09 <sup>A</sup>	0,42 <sup>B</sup>	3,34 <sup>B</sup>	77,30	0,18 <sup>ab</sup>	5,86 <sup>abC</sup>
MEL		74,65	0,29 <sup>abB</sup>	5,74 <sup>ba</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,22 <sup>abA</sup>	0,01	0,02	0,10	0,41 <sup>B</sup>	3,26 <sup>B</sup>	77,14	0,17 <sup>bb</sup>	5,84 <sup>bc</sup>
MSB		73,97	0,32 <sup>ab</sup>	5,74 <sup>ba</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,01	0,02	0,10 <sup>B</sup>	0,43 <sup>B</sup>	2,98 <sup>B</sup>	76,87	0,19 <sup>ab</sup>	5,87 <sup>aC</sup>
MSB+MEL		73,94	0,29 <sup>bb</sup>	5,76 <sup>aA</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,02	0,02	0,08	0,40 <sup>B</sup>	3,24 <sup>B</sup>	76,34	0,19 <sup>ab</sup>	5,86 <sup>abB</sup>
KON	90	75,37	0,67 <sup>A</sup>	5,65 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,10 <sup>cC</sup>	0,01	0,01 <sup>AB</sup>	0,17 <sup>AB</sup>	0,55 <sup>A</sup>	3,50 <sup>ba</sup>	77,24	0,39 <sup>abA</sup>	5,74 <sup>aD</sup>
MEL		75,14	0,62 <sup>A</sup>	5,64 <sup>C</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,14 <sup>bb</sup>	0,01	0,02	0,22	0,56 <sup>A</sup>	3,73 <sup>aA</sup>	77,18	0,39 <sup>abA</sup>	5,70 <sup>bd</sup>
MSB		74,92	0,55 <sup>A</sup>	5,66 <sup>B</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,01	0,02	0,16 <sup>A</sup>	0,56 <sup>A</sup>	3,50 <sup>ba</sup>	77,10	0,36 <sup>ba</sup>	5,74 <sup>aD</sup>
MSB+MEL		74,79	0,56 <sup>A</sup>	5,65 <sup>C</sup>	0,08 <sup>aAB</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,02	0,02	0,19	0,56 <sup>A</sup>	3,68 <sup>abA</sup>	76,26	0,45 <sup>aA</sup>	5,72 <sup>bc</sup>
±s.d.		0,210	0,071	0,000	0,008	0,032	0,007	0,008	0,055	0,032	0,114	0,272	0,000	0,000

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante

**A81:** Ausgewählte Gärparameter in Lupinenschrotsilagen (Blaue Bitterlupine: 'Azuro') nach 5, 15, 50 bzw. 90 Tagen Inkubation in Abhängigkeit vom Silierzusatz und im Vergleich zum unsilierten Erntegut mit ca. 75 % TS (Versuch 2005 und 2006; n = 3)

Versuch/ Variante	Tage	2005										2006		
		TS [%]	Verlust [% EW]	pH	MS	ES	PS [% TS]	BS	ΣAL	NH <sub>3</sub> -N [% N]	Osmolalität [osmol/kg TS]	TS [%]	Verlust [% EW]	pH
ASM* <sup>1</sup>	0	70,80	-	6,14	-	-	-	-	-	-	1,78	76,44	-	6,06
ASM* <sup>2</sup>		70,90	-	6,05	-	-	-	-	-	-	2,00	76,43	-	6,06
KON	5	71,66	0,03 <sup>B</sup>	5,85 <sup>aAB</sup>	0,02 <sup>dB</sup>	0,10 <sup>abC</sup>	0,00	0,00	0,04 <sup>B</sup>	0,21 <sup>D</sup>	2,11 <sup>bC</sup>	77,70	0,00 <sup>D</sup>	5,78 <sup>bA</sup>
MEL		71,61	0,02 <sup>D</sup>	5,86 <sup>aB</sup>	0,09 <sup>bC</sup>	0,11 <sup>aC</sup>	0,00	0,00	0,04 <sup>D</sup>	0,24 <sup>C</sup>	2,28 <sup>aD</sup>	77,59	0,00 <sup>C</sup>	5,81 <sup>aA</sup>
MSB		71,32	0,03 <sup>C</sup>	5,82 <sup>bA</sup>	0,06 <sup>cD</sup>	0,08 <sup>bD</sup>	0,01	0,00	0,10	0,21 <sup>D</sup>	2,12 <sup>bD</sup>	76,69	0,00 <sup>D</sup>	5,77 <sup>bA</sup>
MSB+MEL		71,13	0,02 <sup>B</sup>	5,81 <sup>bA</sup>	0,15 <sup>aD</sup>	0,10 <sup>aD</sup>	0,00	0,00	0,05	0,22 <sup>D</sup>	2,30 <sup>aD</sup>	76,74	0,00 <sup>C</sup>	5,80 <sup>abA</sup>
KON	15	71,32	0,12 <sup>B</sup>	5,89 <sup>aA</sup>	0,04 <sup>dAB</sup>	0,12 <sup>bBC</sup>	0,00	0,00	0,05 <sup>AB</sup>	0,28 <sup>C</sup>	2,43 <sup>bC</sup>	74,07	0,04 <sup>C</sup>	5,77 <sup>A</sup>
MEL		71,34	0,10 <sup>C</sup>	5,91 <sup>aA</sup>	0,11 <sup>cC</sup>	0,13 <sup>bC</sup>	0,01	0,00	0,06 <sup>C</sup>	0,27 <sup>C</sup>	2,64 <sup>bC</sup>	74,11	0,05 <sup>C</sup>	5,77 <sup>B</sup>
MSB		70,76	0,13 <sup>C</sup>	5,19 <sup>bB</sup>	1,31 <sup>bC</sup>	0,15 <sup>bC</sup>	0,00	0,00	0,06	0,27 <sup>C</sup>	2,66 <sup>bC</sup>	74,15	0,05 <sup>C</sup>	5,78 <sup>A</sup>
MSB+MEL		70,64	0,13 <sup>B</sup>	4,94 <sup>cB</sup>	2,04 <sup>aC</sup>	0,20 <sup>aC</sup>	0,01	0,00	0,06	0,29 <sup>C</sup>	2,94 <sup>aC</sup>	73,66	0,05 <sup>C</sup>	5,78 <sup>A</sup>
KON	50	70,11	0,59 <sup>A</sup>	5,80 <sup>aB</sup>	0,06 <sup>dA</sup>	0,16 <sup>cB</sup>	0,00	0,00	0,25 <sup>AB</sup>	0,36 <sup>bB</sup>	2,76 <sup>cA</sup>	74,59	0,42 <sup>B</sup>	5,71 <sup>bB</sup>
MEL		70,84	0,31 <sup>B</sup>	5,76 <sup>bC</sup>	0,23 <sup>cB</sup>	0,20 <sup>bcB</sup>	0,01	0,01	0,07 <sup>B</sup>	0,38 <sup>bB</sup>	2,99 <sup>cB</sup>	74,89	0,45 <sup>B</sup>	5,68 <sup>cC</sup>
MSB		71,12	0,40 <sup>B</sup>	4,48 <sup>cC</sup>	3,55 <sup>bB</sup>	0,25 <sup>bB</sup>	0,01	0,00	0,07	0,38 <sup>bB</sup>	3,45 <sup>bB</sup>	73,91	0,48 <sup>B</sup>	5,74 <sup>aB</sup>
MSB+MEL		70,42	0,46 <sup>A</sup>	4,38 <sup>dD</sup>	4,29 <sup>aB</sup>	0,34 <sup>aB</sup>	0,01	0,00	0,13	0,43 <sup>aB</sup>	3,79 <sup>aB</sup>	73,80	0,50 <sup>B</sup>	5,70 <sup>bB</sup>
KON	90	70,57	0,70 <sup>abA</sup>	5,63 <sup>aB</sup>	0,10 <sup>dA</sup>	0,23 <sup>cA</sup>	0,01	0,00	0,12 <sup>bA</sup>	0,51 <sup>bA</sup>	3,36 <sup>bA</sup>	73,52	0,79 <sup>cA</sup>	5,68 <sup>aC</sup>
MEL		71,19	0,52 <sup>bA</sup>	5,52 <sup>aD</sup>	0,51 <sup>cA</sup>	0,28 <sup>cA</sup>	0,01	0,01	0,14 <sup>bA</sup>	0,55 <sup>abA</sup>	3,53 <sup>bA</sup>	73,71	0,86 <sup>bcA</sup>	5,64 <sup>bD</sup>
MSB		70,95	0,80 <sup>aA</sup>	4,45 <sup>bC</sup>	3,96 <sup>bA</sup>	0,34 <sup>bA</sup>	0,01	0,01	0,21 <sup>a</sup>	0,56 <sup>aA</sup>	3,89 <sup>aA</sup>	73,27	0,92 <sup>abA</sup>	5,70 <sup>aC</sup>
MSB+MEL		70,10	0,56 <sup>bA</sup>	4,43 <sup>bC</sup>	4,45 <sup>aA</sup>	0,42 <sup>aA</sup>	0,01	0,01	0,07 <sup>b</sup>	0,56 <sup>aA</sup>	4,02 <sup>aA</sup>	72,72	1,00 <sup>aA</sup>	5,68 <sup>aB</sup>
±s.d.		0,494	0,105	0,000	0,055	0,032	0,004	0,003	0,071	0,000	0,084	0,277	0,045	0,000

ASM: Ausgangsmaterial (\*<sup>1</sup>ohne bzw. \*<sup>2</sup>mit Zusatz von Melasse, 2 % der Frischmasse (FM)); ΣAL: Alkohol (Summe aus Ethanol, Propanol, Butanol, Butandiol); BS: Buttersäure + i-Valeriansäure; ES: Essigsäure; EW: Einwaage; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); MS: Milchsäure; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; PS: Propionsäure; TS: Trockensubstanz; ±s.d.: √MQR; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Varianten innerhalb der Inkubationszeit; <sup>A,B</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen den Inkubationszeiten innerhalb einer Variante



**A82:** Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Leguminosenschrotsilagen (ca. 65 % TS; Versuch 2005; n = 3)

	TS		XA		XP		XL		XF		NDF		ADF		ADL		XS		XZ		MEs* <sup>1</sup>		ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>	
	[%]										[% TS]										[MJ ME/kg TS]			
<b>Ackerbohne ('Limbo')</b>																								
ASM	65,3	±0,1	3,3	±0,0	28,2	±0,1	2,0 <sup>b</sup>	±0,1	9,2 <sup>a</sup>	±0,1	11,4	±0,1	11,1	±0,1	0,2	±0,1	44,0 <sup>a</sup>	±0,2	5,3 <sup>a</sup>	±0,1	13,3 <sup>a</sup>	±0,0	12,5 <sup>a</sup>	±0,0
KON	65,6	±0,5	3,3	±0,1	28,4	±0,3	2,0 <sup>b</sup>	±0,1	9,2 <sup>a</sup>	±0,2	12,1	±0,3	11,6	±0,2	0,3	±0,0	37,8 <sup>b</sup>	±2,4	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	13,3 <sup>a</sup>	±0,1	11,5 <sup>b</sup>	±0,4
MEL	65,9	±0,5	3,4	±0,0	28,3	±0,1	1,9 <sup>b</sup>	±0,1	9,2 <sup>a</sup>	±0,1	11,4	±0,2	11,0	±0,0	0,2	±0,1	40,5 <sup>b</sup>	±1,2	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	13,3 <sup>a</sup>	±0,1	11,9 <sup>b</sup>	±0,2
MSB	66,1	±0,0	3,2	±0,0	28,3	±0,1	2,1 <sup>ab</sup>	±0,1	8,9 <sup>b</sup>	±0,2	12,3	±0,6	11,5	±0,8	0,3	±0,1	24,2 <sup>c</sup>	±0,2	0,1 <sup>c</sup>	±0,0	13,0 <sup>b</sup>	±0,0	9,3 <sup>c</sup>	±0,1
MSB+MEL	66,1	±0,2	3,5	±0,1	28,3	±0,1	2,2 <sup>a</sup>	±0,1	8,7 <sup>b</sup>	±0,0	11,2	±0,1	10,9	±0,2	0,2	±0,0	24,6 <sup>c</sup>	±2,7	0,8 <sup>b</sup>	±0,1	12,9 <sup>b</sup>	±0,1	9,4 <sup>c</sup>	±0,5
<b>Erbse ('Lisa')</b>																								
ASM	64,4	±0,3	3,7	±0,1	21,2 <sup>b</sup>	±0,1	1,8	±0,1	8,4	±0,1	14,7 <sup>a</sup>	±0,1	10,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,5	±0,1	47,0 <sup>a</sup>	±0,4	5,0 <sup>a</sup>	±0,0	14,1 <sup>a</sup>	±0,0	11,9 <sup>a</sup>	±0,1
KON	63,7	±0,3	3,7	±0,1	22,3 <sup>a</sup>	±0,1	1,8	±0,3	8,3	±0,2	13,2 <sup>bc</sup>	±0,5	10,2 <sup>b</sup>	±0,3	0,2	±0,0	44,2 <sup>a</sup>	±3,2	0,2 <sup>c</sup>	±0,0	13,9 <sup>b</sup>	±0,1	11,6 <sup>a</sup>	±0,5
MEL	64,3	±0,4	3,7	±0,1	22,0 <sup>b</sup>	±0,1	2,0	±0,1	8,2	±0,1	12,4 <sup>bc</sup>	±0,3	10,3 <sup>b</sup>	±0,2	0,2	±0,0	40,9 <sup>b</sup>	±1,1	0,7 <sup>d</sup>	±1,1	13,9 <sup>b</sup>	±0,1	11,0 <sup>b</sup>	±0,2
MSB	63,5	±0,5	3,7	±0,0	22,0 <sup>b</sup>	±0,2	2,2	±0,1	8,4	±0,1	13,4 <sup>b</sup>	±0,3	10,7 <sup>a</sup>	±0,2	0,3	±0,1	25,0 <sup>c</sup>	±1,3	1,2 <sup>c</sup>	±0,3	13,4 <sup>c</sup>	±0,0	8,5 <sup>c</sup>	±0,3
MSB+MEL	63,6	±0,1	3,8	±0,0	22,0 <sup>b</sup>	±0,1	2,0	±0,1	8,4	±0,1	12,2 <sup>c</sup>	±0,6	10,2 <sup>b</sup>	±0,1	0,2	±0,0	27,7 <sup>c</sup>	±1,3	2,0 <sup>b</sup>	±0,0	13,5 <sup>c</sup>	±0,0	8,9 <sup>c</sup>	±0,2
<b>Blaue Süßlupine ('Borlu')</b>																								
ASM	67,2	±0,0	3,6	±0,0	39,4 <sup>c</sup>	±0,1	5,9 <sup>b</sup>	±0,1	13,5	±0,1	20,5 <sup>b</sup>	±0,1	18,5	±0,1	0,5	±0,1	2,2 <sup>a</sup>	±0,1	2,9 <sup>c</sup>	±0,1	14,6	±0,0	8,7	±0,0
KON	65,9	±0,3	3,7	±0,0	40,2 <sup>b</sup>	±0,3	6,5 <sup>a</sup>	±0,1	14,3	±0,3	22,4 <sup>a</sup>	±0,4	18,9	±0,8	0,5	±0,1	0,0 <sup>d</sup>	±0,0	1,1 <sup>d</sup>	±0,1	14,7	±0,1	8,6	±0,1
MEL	66,7	±0,5	3,7	±0,0	40,0 <sup>b</sup>	±0,0	6,0 <sup>b</sup>	±0,1	13,9	±0,3	21,4 <sup>ab</sup>	±1,1	18,2	±0,2	0,3	±0,3	0,7 <sup>c</sup>	±0,0	4,4 <sup>b</sup>	±0,8	14,5	±0,1	8,6	±0,1
MSB	66,4	±0,1	3,5	±0,0	41,1 <sup>a</sup>	±0,4	6,4 <sup>a</sup>	±0,2	13,8	±0,3	20,5 <sup>b</sup>	±0,4	18,4	±0,5	0,3	±0,1	1,4 <sup>b</sup>	±0,1	5,5 <sup>a</sup>	±2,4	14,7	±0,0	9,0	±0,1
MSB+MEL	66,1	±0,0	3,7	±0,0	40,5 <sup>b</sup>	±0,2	6,2 <sup>ab</sup>	±0,1	13,8	±0,3	20,8 <sup>b</sup>	±0,4	17,5	±1,1	0,5	±0,3	1,5 <sup>b</sup>	±0,1	4,3 <sup>b</sup>	±1,1	14,6	±0,0	8,8	±0,0
<b>Blaue Süßlupine ('Bora')</b>																								
ASM	67,1	±0,1	4,0	±0,1	35,9 <sup>b</sup>	±0,1	5,8 <sup>b</sup>	±0,1	16,5	±0,1	23,5	±0,1	18,9	±0,1	0,4	±0,1	2,4 <sup>a</sup>	±0,2	4,9 <sup>a</sup>	±0,0	14,4	±0,0	8,1	±0,0
KON	66,5	±0,3	3,8	±0,2	37,4 <sup>a</sup>	±0,4	6,3 <sup>a</sup>	±0,1	15,9	±0,4	23,8	±1,3	21,0	±0,8	0,5	±0,1	0,5 <sup>d</sup>	±0,1	1,8 <sup>c</sup>	±0,8	14,4	±0,2	8,2	±0,1
MEL	66,4	±0,1	3,9	±0,0	36,5 <sup>b</sup>	±0,5	5,8 <sup>b</sup>	±0,1	15,7	±0,6	22,5	±0,8	19,8	±0,3	0,4	±0,1	1,0 <sup>c</sup>	±0,1	2,8 <sup>c</sup>	±0,1	14,3	±0,0	8,0	±0,1
MSB	66,0	±0,1	3,8	±0,0	36,9 <sup>ab</sup>	±0,1	6,2 <sup>a</sup>	±0,2	15,8	±0,2	23,6	±0,2	20,4	±0,1	0,4	±0,1	1,1 <sup>bc</sup>	±0,1	2,0 <sup>c</sup>	±0,1	14,4	±0,0	8,2	±0,1
MSB+MEL	65,8	±0,2	3,9	±0,0	36,3 <sup>b</sup>	±0,3	6,0 <sup>ab</sup>	±0,1	15,7	±0,2	23,8	±0,3	20,5	±0,4	0,5	±0,1	1,2 <sup>b</sup>	±0,0	3,1 <sup>b</sup>	±0,1	14,3	±0,0	8,0	±0,1
<b>Blaue Bitterlupine ('Azuro')</b>																								
ASM	66,1	±0,1	3,8	±0,0	35,4	±0,1	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	16,7	±0,1	24,4	±0,1	21,2	±0,1	0,5	±0,1	2,0 <sup>a</sup>	±0,1	5,6 <sup>a</sup>	±0,1	14,2	±0,0	7,7	±0,0
KON	66,5	±0,3	3,7	±0,0	35,6	±0,2	4,9 <sup>b</sup>	±0,1	16,1	±0,3	24,1	±0,4	20,7	±1,0	0,7	±0,1	0,6 <sup>c</sup>	±0,0	3,9 <sup>b</sup>	±0,1	14,1	±0,0	7,5	±0,0
MEL	66,6	±0,0	3,8	±0,1	35,4	±0,4	4,9 <sup>b</sup>	±0,1	16,1	±0,1	23,8	±0,3	21,0	±0,8	0,7	±0,1	0,8 <sup>c</sup>	±0,2	2,2 <sup>c</sup>	±0,0	14,1	±0,0	7,5	±0,1
MSB	66,7	±0,4	3,7	±0,0	35,6	±0,2	5,1 <sup>a</sup>	±0,1	15,8	±0,1	24,1	±0,0	19,3	±1,3	0,7	±0,0	1,5 <sup>b</sup>	±0,2	1,6 <sup>d</sup>	±0,0	14,2	±0,1	7,7	±0,1
MSB+MEL	65,6	±0,4	3,8	±0,0	35,3	±0,1	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	16,3	±0,3	24,4	±0,4	20,3	±0,3	0,7	±0,1	1,2 <sup>b</sup>	±0,4	2,5 <sup>c</sup>	±0,0	14,1	±0,1	7,6	±0,0

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); \*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (World's Poultry Science Association) MJ/kg T = 15,51\*XP+34,31\*XL+16,69\*XS+13,01\*XZ; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (ΣFructose, Glucose, Saccharose, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

**A83:** Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Leguminosenschrotsilagen (ca. 75 % TS; Versuch 2005; n = 3)

	TS	XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	XS	XZ	MEs* <sup>1</sup>	ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>												
	[%]					[% TS]				[MJ ME/kg TS]														
<b>Ackerbohne ('Limbo')</b>																								
ASM	75,6	±0,1	3,6	±0,0	26,6 <sup>b</sup>	±0,1	2,0 <sup>a</sup>	±0,1	10,4 <sup>a</sup>	±0,1	14,4 <sup>a</sup>	±0,1	13,5 <sup>a</sup>	±0,1	0,5 <sup>a</sup>	±0,1	42,0	±0,4	5,4 <sup>a</sup>	±0,1	13,2	±0,0	12,0	±0,1
KON	74,9	±0,1	3,4	±0,1	27,0 <sup>a</sup>	±0,1	2,1 <sup>a</sup>	±0,1	9,2 <sup>b</sup>	±0,2	13,0 <sup>b</sup>	±0,6	12,2 <sup>b</sup>	±0,6	0,5 <sup>ab</sup>	±0,2	42,8	±0,4	2,9 <sup>c</sup>	±0,2	13,2	±0,1	12,2	±0,1
MEL	74,6	±0,2	3,5	±0,1	27,1 <sup>a</sup>	±0,3	2,1 <sup>a</sup>	±0,1	9,5 <sup>b</sup>	±0,3	14,0 <sup>ab</sup>	±1,3	11,9 <sup>bc</sup>	±0,3	0,3 <sup>ab</sup>	±0,1	43,7	±1,7	2,5 <sup>c</sup>	±0,6	13,2	±0,1	12,4	±0,3
MSB	74,6	±0,2	3,4	±0,0	26,9 <sup>a</sup>	±0,2	2,1 <sup>a</sup>	±0,0	9,1 <sup>b</sup>	±0,1	12,9 <sup>b</sup>	±0,1	12,2 <sup>b</sup>	±0,1	0,6 <sup>a</sup>	±0,2	43,5	±0,8	2,5 <sup>c</sup>	±0,4	13,2	±0,0	12,3	±0,1
MSB+MEL	74,7	±0,1	3,5	±0,0	26,5 <sup>b</sup>	±0,2	1,9 <sup>b</sup>	±0,0	9,4 <sup>b</sup>	±0,2	12,7 <sup>b</sup>	±0,5	11,6 <sup>c</sup>	±0,3	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	42,6	±0,4	3,5 <sup>b</sup>	±0,3	13,2	±0,0	12,0	±0,1
<b>Erbse ('Lisa')</b>																								
ASM	75,1	±0,1	3,9	±0,1	21,6 <sup>b</sup>	±0,1	1,9 <sup>a</sup>	±0,1	8,0 <sup>ab</sup>	±0,1	14,8 <sup>c</sup>	±0,1	10,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,4	±0,1	47,4 <sup>b</sup>	±1,6	4,8 <sup>a</sup>	±0,0	14,0	±0,0	12,1	±0,3
KON	74,5	±0,2	3,7	±0,0	22,4 <sup>a</sup>	±0,0	1,7 <sup>b</sup>	±0,1	7,8 <sup>b</sup>	±0,2	17,8 <sup>b</sup>	±0,7	10,3 <sup>b</sup>	±0,3	0,3	±0,1	49,3 <sup>a</sup>	±0,5	3,2 <sup>d</sup>	±0,0	14,0	±0,0	12,4	±0,1
MEL	74,7	±0,3	3,7	±0,0	22,2 <sup>ab</sup>	±0,2	1,7 <sup>b</sup>	±0,1	7,7 <sup>b</sup>	±0,1	17,5 <sup>b</sup>	±0,5	10,3 <sup>b</sup>	±0,2	0,4	±0,1	47,8 <sup>ab</sup>	±0,6	3,8 <sup>b</sup>	±0,1	14,0	±0,0	12,1	±0,2
MSB	74,6	±0,3	3,6	±0,0	22,3 <sup>a</sup>	±0,1	1,6 <sup>b</sup>	±0,1	7,8 <sup>b</sup>	±0,2	19,8 <sup>a</sup>	±1,4	10,1 <sup>b</sup>	±0,4	0,4	±0,2	48,7 <sup>ab</sup>	±0,4	3,2 <sup>d</sup>	±0,0	14,0	±0,1	12,3	±0,1
MSB+MEL	74,2	±0,2	3,6	±0,0	22,2 <sup>a</sup>	±0,2	1,6 <sup>b</sup>	±0,0	8,3 <sup>a</sup>	±0,1	17,8 <sup>b</sup>	±1,4	10,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,3	±0,0	48,0 <sup>ab</sup>	±0,5	3,5 <sup>c</sup>	±0,1	14,0	±0,0	12,2	±0,1
<b>Blaue Süßlupine ('Borlu')</b>																								
ASM	73,9	±0,2	3,9	±0,0	39,7	±0,1	5,7 <sup>ab</sup>	±0,1	14,5 <sup>a</sup>	±0,1	23,1	±0,1	19,2 <sup>a</sup>	±0,1	0,9 <sup>a</sup>	±0,1	2,5 <sup>a</sup>	±0,1	4,9 <sup>a</sup>	±0,0	14,5	±0,0	8,7 <sup>a</sup>	±0,0
KON	74,2	±0,9	3,8	±0,1	40,4	±1,1	6,0 <sup>a</sup>	±0,2	13,7 <sup>b</sup>	±0,5	23,5	±1,8	17,1 <sup>c</sup>	±0,2	0,4 <sup>b</sup>	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	4,1 <sup>b</sup>	±0,5	14,6	±0,0	8,6 <sup>ab</sup>	±0,2
MEL	73,2	±0,3	3,9	±0,1	40,3	±0,9	5,6 <sup>b</sup>	±0,1	13,8 <sup>b</sup>	±0,1	23,5	±0,8	19,0 <sup>a</sup>	±0,1	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	0,4 <sup>c</sup>	±0,1	4,3 <sup>b</sup>	±0,7	14,4	±0,1	8,4 <sup>b</sup>	±0,1
MSB	72,9	±0,6	3,8	±0,1	41,1	±0,5	5,8 <sup>ab</sup>	±0,2	13,9 <sup>b</sup>	±0,1	23,4	±0,5	19,2 <sup>a</sup>	±0,2	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	0,3 <sup>c</sup>	±0,1	3,4 <sup>ab</sup>	±0,4	14,6	±0,1	8,6 <sup>ab</sup>	±0,1
MSB+MEL	72,6	±0,1	3,9	±0,0	40,7	±0,7	5,8 <sup>ab</sup>	±0,1	14,1 <sup>b</sup>	±0,0	22,8	±1,0	17,7 <sup>b</sup>	±0,2	0,4 <sup>b</sup>	±0,1	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	4,2 <sup>b</sup>	±0,8	14,5	±0,1	8,5 <sup>ab</sup>	±0,1
<b>Blaue Süßlupine ('Bora')</b>																								
ASM	74,6	±0,1	3,9	±0,1	36,3	±0,1	6,4	±0,1	14,5	±0,1	22,7 <sup>b</sup>	±0,1	19,8	±0,1	0,7	±0,1	2,4 <sup>a</sup>	±0,1	4,7 <sup>d</sup>	±0,0	14,4	±0,0	8,4 <sup>a</sup>	±0,0
KON	75,4	±0,1	3,6	±0,0	36,4	±0,3	6,3	±0,1	15,0	±0,7	24,1 <sup>a</sup>	±0,4	19,7	±0,5	0,5	±0,1	0,1 <sup>b</sup>	±0,2	4,9 <sup>c</sup>	±1,2	14,5	±0,0	8,0 <sup>b</sup>	±0,1
MEL	75,1	±0,6	3,8	±0,1	35,7	±0,7	6,3	±0,1	15,2	±0,3	23,9 <sup>a</sup>	±0,8	19,6	±0,5	0,5	±0,2	0,4 <sup>b</sup>	±0,0	5,0 <sup>c</sup>	±0,4	14,4	±0,0	8,0 <sup>b</sup>	±0,2
MSB	74,9	±0,0	3,6	±0,0	36,3	±0,1	6,4	±0,1	14,9	±0,6	24,4 <sup>a</sup>	±1,0	19,6	±0,6	0,4	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,3	5,8 <sup>b</sup>	±0,5	14,5	±0,0	8,0 <sup>b</sup>	±0,1
MSB+MEL	74,8	±0,1	3,7	±0,0	35,9	±0,2	6,2	±0,1	14,5	±0,2	23,4 <sup>ab</sup>	±0,3	19,2	±0,3	0,4	±0,1	0,1 <sup>b</sup>	±0,2	6,7 <sup>a</sup>	±1,0	14,5	±0,0	7,9 <sup>b</sup>	±0,0
<b>Blaue Bitterlupine ('Azuro')</b>																								
ASM	70,8	±0,0	3,9	±0,0	35,5	±0,1	5,2	±0,1	17,2 <sup>a</sup>	±0,1	25,7	±0,1	22,2 <sup>a</sup>	±0,1	0,8 <sup>a</sup>	±0,1	2,2 <sup>a</sup>	±0,1	5,3 <sup>a</sup>	±0,0	14,2	±0,0	7,9 <sup>a</sup>	±0,0
KON	71,2	±0,7	3,8	±0,1	35,2	±0,3	5,2	±0,2	16,1 <sup>b</sup>	±0,5	25,3	±1,9	20,9 <sup>b</sup>	±1,3	0,8 <sup>a</sup>	±0,1	0,2 <sup>c</sup>	±0,1	3,2 <sup>c</sup>	±1,6	14,3	±0,1	7,5 <sup>bc</sup>	±0,2
MEL	71,2	±0,4	3,8	±0,0	34,7	±0,1	5,2	±0,2	15,7 <sup>b</sup>	±0,5	24,4	±0,5	20,1 <sup>b</sup>	±0,2	0,4 <sup>b</sup>	±0,2	0,1 <sup>c</sup>	±0,1	4,7 <sup>b</sup>	±0,0	14,2	±0,1	7,4 <sup>c</sup>	±0,1
MSB	71,0	±0,3	3,7	±0,1	35,6	±0,5	5,4	±0,1	16,2 <sup>b</sup>	±0,3	24,8	±0,1	20,6 <sup>b</sup>	±0,1	0,7 <sup>a</sup>	±0,1	0,8 <sup>b</sup>	±0,0	2,5 <sup>c</sup>	±0,1	14,4	±0,0	7,7 <sup>ab</sup>	±0,1
MSB+MEL	70,1	±0,1	3,8	±0,1	34,9	±0,5	5,3	±0,1	16,3 <sup>b</sup>	±0,1	24,7	±0,2	20,7 <sup>b</sup>	±0,2	0,6 <sup>ab</sup>	±0,1	0,1 <sup>c</sup>	±0,2	3,3 <sup>c</sup>	±0,0	14,1	±0,1	7,4 <sup>bc</sup>	±0,1

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); \*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (World's Poultry Science Association) MJ/kg T = 15,51\*XP+34,31\*XL+16,69\*XS+13,01\*XZ; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (ΣFructose, Glucose, Saccharose, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

**A84:** Futterwertparameter im unsilierten Erntegut und in den nach 90 Tagen Lagerung resultierenden Ackerbohnschrotsilagen (Sorte: 'Limbo'; Versuch 2006; n = 3)

	TS		XA		XP		XL		XF		NDF		ADF		ADL		XS		XZ		MEs* <sup>1</sup>		ME <sub>G</sub> * <sup>2</sup>	
	[%]										[% TS]										[MJ ME/kg TS]			
ASM	66,9	±0,2	3,5 <sup>c</sup>	±0,0	28,2	±0,1	1,9	±0,1	8,6	±0,1	12,8 <sup>a</sup>	±0,1	11,0	±0,1	0,3	±0,1	41,9 <sup>a</sup>	±0,4	1,6 <sup>a</sup>	±0,0	13,5 <sup>a</sup>	±0,0	12,2 <sup>a</sup>	±0,1
KON	65,5	±0,3	3,8 <sup>b</sup>	±0,1	29,7	±0,1	1,9	±0,0	8,9	±0,1	12,4 <sup>ab</sup>	±0,6	10,9	±0,4	0,4	±0,1	27,5 <sup>b</sup>	±1,2	0,3 <sup>c</sup>	±0,0	13,2 <sup>b</sup>	±0,2	10,0 <sup>b</sup>	±0,2
MEL	65,3	±0,2	3,9 <sup>a</sup>	±0,0	29,7	±0,3	1,9	±0,0	9,0	±0,2	11,2 <sup>c</sup>	±0,7	10,1	±0,9	0,2	±0,1	28,2 <sup>b</sup>	±4,7	0,5 <sup>b</sup>	±0,1	13,2 <sup>b</sup>	±0,1	10,1 <sup>b</sup>	±0,8
MSB	66,2	±0,2	3,8 <sup>b</sup>	±0,1	29,7	±0,3	1,9	±0,0	8,5	±0,3	11,7 <sup>bc</sup>	±0,6	10,6	±0,5	0,3	±0,1	21,5 <sup>c</sup>	±1,8	0,6 <sup>b</sup>	±0,0	12,9 <sup>c</sup>	±0,1	9,0 <sup>c</sup>	±0,3
MSB+MEL	64,8	±0,2	4,0 <sup>a</sup>	±0,1	29,4	±0,6	1,9	±0,1	8,6	±0,2	11,2 <sup>c</sup>	±0,2	10,5	±0,5	0,3	±0,0	20,4 <sup>c</sup>	±1,3	1,0 <sup>b</sup>	±0,3	13,1 <sup>b</sup>	±0,0	8,8 <sup>c</sup>	±0,3
ASM	77,0	±0,1	3,6	±0,0	28,8	±0,1	1,9	±0,1	8,6 <sup>b</sup>	±0,1	13,3 <sup>b</sup>	±0,1	11,2	±0,1	0,3	±0,1	40,9 <sup>a</sup>	±0,2	1,6 <sup>c</sup>	±0,0	13,5	±0,0	12,1 <sup>a</sup>	±0,0
KON	75,5	±0,4	4,0	±0,2	27,0	±1,2	1,9	±0,0	8,8 <sup>ab</sup>	±0,3	14,5 <sup>a</sup>	±0,2	10,9	±0,3	0,3	±0,0	39,3 <sup>ab</sup>	±1,2	2,3 <sup>c</sup>	±0,0	13,5	±0,1	11,6 <sup>b</sup>	±0,0
MEL	76,0	±0,5	3,8	±0,0	28,0	±2,3	1,8	±0,0	8,5 <sup>b</sup>	±0,2	13,7 <sup>b</sup>	±0,1	10,7	±0,4	0,3	±0,1	39,7 <sup>ab</sup>	±1,0	2,7 <sup>a</sup>	±0,0	13,4	±0,3	11,8 <sup>ab</sup>	±0,3
MSB	74,9	±0,2	3,8	±0,1	27,1	±1,6	1,7	±0,1	9,2 <sup>a</sup>	±0,3	14,9 <sup>a</sup>	±0,2	11,2	±0,1	0,3	±0,1	39,6 <sup>ab</sup>	±0,4	2,2 <sup>d</sup>	±0,1	13,6	±0,1	11,6 <sup>b</sup>	±0,2
MSB+MEL	75,0	±0,7	3,8	±0,0	28,2	±0,6	1,8	±0,1	8,9 <sup>ab</sup>	±0,1	14,6 <sup>a</sup>	±0,2	11,2	±0,3	0,3	±0,0	38,5 <sup>b</sup>	±0,9	2,5 <sup>b</sup>	±0,1	13,5	±0,2	11,6 <sup>b</sup>	±0,2

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); ADF: Saure-Detergenzienfaser (nach Veraschung); ADL: Saure-Detergenzienlignin; NDF: Neutral-Detergenzienfaser (nach Amylasebehandlung und Veraschung); \*<sup>1</sup> MEs: Energiegehalt Schwein; berechnet nach Schätzformel der GfE (2006) und DLG (1997); \*<sup>2</sup> ME<sub>G</sub>: Energiegehalt Geflügel; berechnet nach Schätzformel der WPSA (World's Poultry Science Association) MJ/kg T = 15,51\*XP+34,31\*XL+16,69\*XS+13,01\*XZ; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KbE/g FM, DSM 8862, 8866); TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XF: Rohfaser; XL: Rohfett; XP: Rohprotein; XS: Rohstärke; XZ: Zucker (ΣFructose, Glucose, Saccharose, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten

**A85:** Ausgewählte N-Fractionen im unsilierten Erntegut und in Modellsilagen (ca. 65 % TS) nach 5 bzw. 90 Tagen Lagerung (Versuch 2005; Ackerbohne 2006; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	5 Tage Lagerung						90 Tage Lagerung									
		TS		N		NH <sub>3</sub> -N	$\alpha$ -Amino-N	TS		N		NH <sub>3</sub> -N	$\alpha$ -Amino-N				
		[%]	$\pm$	[% TS]	$\pm$	[% N]	$\pm$	[%]	$\pm$	[% TS]	$\pm$	[% N]	$\pm$				
Acker- bohne 'Limbo' 2005	ASM	65,3	$\pm 0,1$	4,5	$\pm 0,0$	n. a.	4,4 <sup>d</sup>	$\pm 0,0$	65,3	$\pm 0,1$	4,5	$\pm 0,0$	n. a.	4,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$		
	KON	65,2	$\pm 0,3$	4,6	$\pm 0,0$	1,0 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	7,0 <sup>a</sup>	$\pm 0,2$	65,6	$\pm 0,5$	4,5	$\pm 0,0$	2,3 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	11,8 <sup>a</sup>	$\pm 0,3$
	MEL	65,7	$\pm 0,3$	4,5	$\pm 0,0$	0,8 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	6,3 <sup>b</sup>	$\pm 0,2$	65,9	$\pm 0,5$	4,5	$\pm 0,0$	1,9 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	11,8 <sup>a</sup>	$\pm 0,9$
	MSB	65,3	$\pm 0,3$	4,5	$\pm 0,0$	0,6 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	5,0 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	66,1	$\pm 0,0$	4,5	$\pm 0,0$	1,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	9,5 <sup>b</sup>	$\pm 0,8$
	MSB+MEL	65,5	$\pm 0,1$	4,5	$\pm 0,0$	0,5 <sup>d</sup>	$\pm 0,0$	4,8 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	66,1	$\pm 0,2$	4,5	$\pm 0,0$	1,1 <sup>d</sup>	$\pm 0,0$	10,0 <sup>b</sup>	$\pm 0,4$
Acker- bohne 'Limbo' 2006	ASM	66,9	$\pm 0,2$	4,5	$\pm 0,0$	n. a.	n. a.	$\pm 0,0$	66,9	$\pm 0,2$	4,5	$\pm 0,0$	n. a.	n. a.	$\pm 0,0$		
	KON	65,0	$\pm 0,2$	4,7	$\pm 0,1$	1,0 <sup>b</sup>	$\pm 0,1$	n. a.	$\pm 0,0$	65,5	$\pm 0,3$	4,8	$\pm 0,0$	2,4 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	n. a.	$\pm 0,0$
	MEL	65,1	$\pm 0,2$	4,6	$\pm 0,0$	1,1 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	n. a.	$\pm 0,0$	65,3	$\pm 0,2$	4,7	$\pm 0,0$	2,1 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	$\pm 0,0$
	MSB	65,0	$\pm 0,1$	4,7	$\pm 0,1$	0,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	$\pm 0,0$	66,2	$\pm 0,2$	4,8	$\pm 0,1$	1,0 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	n. a.	$\pm 0,0$
	MSB+MEL	64,7	$\pm 0,2$	4,6	$\pm 0,0$	0,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	$\pm 0,0$	64,8	$\pm 0,2$	4,7	$\pm 0,1$	0,9 <sup>d</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	$\pm 0,0$
Erbse 'Lisa'	ASM	64,4	$\pm 0,3$	3,4	$\pm 0,0$	n. a.	3,3 <sup>d</sup>	$\pm 0,2$	64,4	$\pm 0,3$	3,4	$\pm 0,0$	n. a.	3,3 <sup>d</sup>	$\pm 0,2$		
	KON	64,5	$\pm 0,5$	3,4	$\pm 0,0$	0,7 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	7,5 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	63,7	$\pm 0,3$	3,6	$\pm 0,0$	1,8 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	14,4 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$
	MEL	65,0	$\pm 0,2$	3,4	$\pm 0,0$	0,6 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	6,8 <sup>b</sup>	$\pm 0,2$	64,3	$\pm 0,4$	3,5	$\pm 0,0$	1,5 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	12,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,8$
	MSB	65,0	$\pm 0,1$	3,4	$\pm 0,0$	0,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	5,1 <sup>c</sup>	$\pm 0,3$	63,5	$\pm 0,5$	3,5	$\pm 0,0$	0,8 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	10,9 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$
	MSB+MEL	65,0	$\pm 0,1$	3,4	$\pm 0,0$	0,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	5,0 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	63,6	$\pm 0,1$	3,5	$\pm 0,0$	0,7 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	10,1 <sup>c</sup>	$\pm 0,4$
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM	67,2	$\pm 0,0$	6,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	3,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	67,2	$\pm 0,0$	6,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	n. a.	3,4 <sup>d</sup>	$\pm 0,1$		
	KON	66,5	$\pm 0,3$	6,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	0,2 <sup>ab</sup>	$\pm 0,0$	5,1 <sup>a</sup>	$\pm 0,5$	65,9	$\pm 0,3$	6,4 <sup>bc</sup>	$\pm 0,0$	1,0 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	7,4 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$
	MEL	67,2	$\pm 0,1$	6,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	0,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	4,5 <sup>b</sup>	$\pm 0,2$	66,7	$\pm 0,5$	6,5 <sup>ab</sup>	$\pm 0,0$	1,0 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	7,0 <sup>b</sup>	$\pm 0,2$
	MSB	67,1	$\pm 0,1$	6,5 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	0,2 <sup>ab</sup>	$\pm 0,0$	3,7 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$	66,4	$\pm 0,1$	6,6 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	0,6 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	5,9 <sup>c</sup>	$\pm 0,3$
	MSB+MEL	67,0	$\pm 0,0$	6,4 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	0,2 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	3,5 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	66,1	$\pm 0,0$	6,5 <sup>ab</sup>	$\pm 0,0$	0,6 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	5,9 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$
'Bora'	ASM	67,1	$\pm 0,1$	5,7	$\pm 0,0$	n. a.	3,6 <sup>d</sup>	$\pm 0,1$	67,1	$\pm 0,1$	5,8	$\pm 0,0$	n. a.	3,6 <sup>d</sup>	$\pm 0,1$		
	KON	67,1	$\pm 0,1$	5,8	$\pm 0,0$	0,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	5,5 <sup>a</sup>	$\pm 0,2$	66,5	$\pm 0,3$	6,0	$\pm 0,1$	1,2 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	8,9 <sup>a</sup>	$\pm 0,5$
	MEL	67,2	$\pm 0,0$	5,7	$\pm 0,1$	0,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	5,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,1$	66,4	$\pm 0,1$	5,8	$\pm 0,1$	1,0 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	8,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,3$
	MSB	66,4	$\pm 0,5$	5,9	$\pm 0,1$	0,2 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	4,1 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	66,0	$\pm 0,1$	5,9	$\pm 0,0$	0,8 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	7,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$
	MSB+MEL	66,5	$\pm 0,2$	5,7	$\pm 0,0$	0,3 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	4,0 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	65,8	$\pm 0,2$	5,8	$\pm 0,0$	0,8 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$	7,4 <sup>c</sup>	$\pm 0,1$
Blaue Lupine (bitter) 'Azuro'	ASM	66,1	$\pm 0,1$	5,7	$\pm 0,0$	n. a.	3,3 <sup>b</sup>	$\pm 0,2$	66,1	$\pm 0,1$	5,7	$\pm 0,0$	n. a.	3,3 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$		
	KON	67,2	$\pm 0,3$	5,6	$\pm 0,0$	0,2	$\pm 0,0$	4,1 <sup>a</sup>	$\pm 0,2$	66,5	$\pm 0,3$	5,7	$\pm 0,0$	1,1 <sup>a</sup>	$\pm 0,0$	8,7 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$
	MEL	66,9	$\pm 0,2$	5,6	$\pm 0,0$	0,2	$\pm 0,0$	4,1 <sup>a</sup>	$\pm 0,1$	66,6	$\pm 0,0$	5,7	$\pm 0,1$	0,9 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$	8,4 <sup>a</sup>	$\pm 0,3$
	MSB	66,7	$\pm 0,1$	5,7	$\pm 0,1$	0,2	$\pm 0,0$	2,9 <sup>c</sup>	$\pm 0,2$	66,7	$\pm 0,4$	5,7	$\pm 0,0$	0,7 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	6,6 <sup>b</sup>	$\pm 0,0$
	MSB+MEL	66,2	$\pm 0,1$	5,6	$\pm 0,1$	0,2	$\pm 0,0$	3,1 <sup>bc</sup>	$\pm 0,1$	65,6	$\pm 0,4$	5,6	$\pm 0,0$	0,7 <sup>c</sup>	$\pm 0,0$	6,8 <sup>b</sup>	$\pm 0,1$

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*,  $3 \cdot 10^5$  KBE/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante ( $p < 0,05$ ) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten nach festgelegten Inkubationszeiten

**A86:** Ausgewählte N-Fractionen im unsilierten Erntegut und in Modellsilagen (ca. 75 % TS) nach 5 bzw. 90 Tagen Lagerung (Versuch 2005; Ackerbohne 2006; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	5 Tage Lagerung						90 Tage Lagerung									
		TS		N		NH <sub>3</sub> -N		α-Amino-N		TS		N		NH <sub>3</sub> -N		α-Amino-N	
		[%]	±	[% TS]	±	[% N]	±	[%]	±	[% TS]	±	[% N]	±				
Acker- bohne 'Limbo' 2005	ASM	75,6	±0,1	4,2	±0,0	n. a.		3,9 <sup>c</sup>	±0,1	75,6	±0,1	4,2	±0,0	n. a.		3,9 <sup>c</sup>	±0,1
	KON	75,2	±0,0	4,3	±0,0	0,2	±0,0	4,5 <sup>ab</sup>	±0,2	74,9	±0,1	4,3	±0,0	0,5 <sup>b</sup>	±0,0	4,8 <sup>a</sup>	±0,2
	MEL	75,4	±0,1	4,3	±0,0	0,2	±0,0	4,6 <sup>ab</sup>	±0,0	74,6	±0,2	4,3	±0,0	0,5 <sup>ab</sup>	±0,1	4,8 <sup>a</sup>	±0,0
	MSB	75,2	±0,0	4,3	±0,0	0,2	±0,0	4,4 <sup>b</sup>	±0,3	74,6	±0,2	4,3	±0,0	0,5 <sup>ab</sup>	±0,0	4,6 <sup>b</sup>	±0,3
	MSB+MEL	74,9	±0,1	4,2	±0,0	0,3	±0,0	4,8 <sup>a</sup>	±0,1	74,7	±0,1	4,2	±0,0	0,6 <sup>a</sup>	±0,0	4,9 <sup>a</sup>	±0,1
Acker- bohne 'Limbo' 2006	ASM	77,0	±0,1	4,6	±0,0	n. a.		n. a.		77,0	±0,1	4,6	±0,0	n. a.		n. a.	
	KON	75,9	±0,1	4,7	±0,1	0,2	±0,0	n. a.		75,5	±0,4	4,3	±0,2	0,3	±0,0	n. a.	
	MEL	78,4	±4,7	4,7	±0,0	0,2	±0,0	n. a.		76,0	±0,5	4,5	±0,4	0,4	±0,0	n. a.	
	MSB	75,2	±0,1	4,6	±0,1	0,2	±0,0	n. a.		74,9	±0,2	4,3	±0,3	0,3	±0,0	n. a.	
	MSB+MEL	75,2	±0,2	4,7	±0,1	0,3	±0,0	n. a.		75,0	±0,7	4,5	±0,1	0,4	±0,0	n. a.	
Erbse 'Lisa'	ASM	75,1	±0,1	3,5	±0,0	n. a.		3,0 <sup>b</sup>	±0,2	75,1	±0,1	3,5	±0,0	n. a.		3,0 <sup>c</sup>	±0,2
	KON	75,9	±0,1	3,5	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	4,3 <sup>a</sup>	±0,2	74,5	±0,2	3,6	±0,0	0,3 <sup>b</sup>	±0,0	3,8 <sup>b</sup>	±0,4
	MEL	75,6	±0,6	3,5	±0,0	0,2 <sup>ab</sup>	±0,0	4,3 <sup>a</sup>	±0,1	74,7	±0,3	3,6	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	3,8 <sup>b</sup>	±0,1
	MSB	74,8	±0,5	3,5	±0,0	0,2 <sup>b</sup>	±0,0	4,0 <sup>a</sup>	±0,3	74,6	±0,3	3,6	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	5,0 <sup>a</sup>	±0,1
	MSB+MEL	74,4	±0,1	3,5	±0,0	0,2 <sup>a</sup>	±0,0	4,3 <sup>a</sup>	±0,3	74,2	±0,2	3,5	±0,0	0,3 <sup>a</sup>	±0,0	5,0 <sup>a</sup>	±0,1
Blaue Lupine (süß) 'Borlu'	ASM	73,9	±0,2	6,3	±0,0	n. a.		2,7 <sup>c</sup>	±0,2	73,9	±0,2	6,3	±0,0	n. a.		2,7 <sup>b</sup>	±0,2
	KON	74,6	±0,1	6,3	±0,0	0,2	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,2	74,2	±0,9	6,5	±0,2	0,6	±0,1	6,8 <sup>a</sup>	±0,2
	MEL	74,6	±0,0	6,2	±0,0	0,2	±0,0	4,9 <sup>b</sup>	±0,2	73,2	±0,3	6,4	±0,1	0,6	±0,0	6,7 <sup>a</sup>	±0,1
	MSB	74,0	±0,2	6,2	±0,0	0,2	±0,0	5,0 <sup>b</sup>	±0,1	72,9	±0,6	6,6	±0,1	0,6	±0,1	7,0 <sup>a</sup>	±0,2
	MSB+MEL	73,9	±0,2	6,2	±0,2	0,2	±0,0	5,2 <sup>ab</sup>	±0,0	72,6	±0,1	6,5	±0,1	0,6	±0,0	6,6 <sup>a</sup>	±0,2
'Bora'	ASM	74,6	±0,1	5,8	±0,0	n. a.		3,4 <sup>b</sup>	±0,0	74,6	±0,1	5,8	±0,0	n. a.		3,4 <sup>b</sup>	±0,0
	KON	74,7	±0,1	5,9	±0,0	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,1	75,4	±0,1	5,8	±0,0	0,6	±0,0	5,8 <sup>a</sup>	±0,1
	MEL	75,0	±0,3	5,8	±0,0	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,0	75,1	±0,6	5,7	±0,1	0,6	±0,0	6,3 <sup>a</sup>	±0,5
	MSB	74,7	±0,2	5,8	±0,1	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,2	74,9	±0,0	5,8	±0,0	0,6	±0,0	6,5 <sup>a</sup>	±0,1
	MSB+MEL	74,6	±0,3	5,8	±0,0	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,1	74,8	±0,1	5,7	±0,0	0,6	±0,0	6,0 <sup>a</sup>	±0,6
Blaue Lupine (bitter) 'Azuro'	ASM	70,8	±0,0	5,7	±0,0	n. a.		2,5 <sup>b</sup>	±0,0	70,8	±0,0	5,7	±0,0	n. a.		2,5 <sup>c</sup>	±0,0
	KON	71,7	±0,1	5,6	±0,0	0,2	±0,0	3,6 <sup>a</sup>	±0,1	71,2	±0,7	5,6	±0,0	0,5	±0,0	6,8 <sup>a</sup>	±0,0
	MEL	71,6	±0,1	5,5	±0,1	0,2	±0,0	3,6 <sup>a</sup>	±0,2	71,2	±0,4	5,6	±0,0	0,6	±0,0	6,3 <sup>b</sup>	±0,2
	MSB	71,3	±0,1	5,6	±0,0	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,1	71,0	±0,3	5,7	±0,1	0,6	±0,0	6,5 <sup>ab</sup>	±0,3
	MSB+MEL	71,1	±0,3	5,5	±0,0	0,2	±0,0	3,7 <sup>a</sup>	±0,1	70,1	±0,1	5,6	±0,1	0,6	±0,0	6,2 <sup>b</sup>	±0,3

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; NH<sub>3</sub>-N: Ammoniak-Stickstoff; TS: Trockensubstanz; <sup>ab</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten nach festgelegten Inkubationszeiten

**A87:** Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbascose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Leguminosenkörnern (65 % TS, Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)

		Ackerbohne: 'Limbo' (Versuch 2005)						Ackerbohne: 'Limbo' (Versuch 2006)						Erbse: 'Lisa'					
		ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+
			+MEL				MEL		+MEL				MEL		+MEL				MEL
TS	[%]	65,25	65,47	65,56	65,93	66,11	66,12	66,86	67,05	65,47	65,32	66,25	64,84	64,42	64,65	63,68	64,31	63,52	63,64
		±0,16	±0,11	±0,47	±0,54	±0,02	±0,24	±0,17	±0,21	±0,33	±0,24	±0,20	±0,19	±0,37	±0,26	±0,27	±0,40	±0,48	±0,06
pH-Wert		6,54 <sup>a</sup>	n. a.	4,25 <sup>b</sup>	4,25 <sup>b</sup>	4,10 <sup>c</sup>	4,12 <sup>c</sup>	6,57 <sup>a</sup>	n. a.	4,31 <sup>b</sup>	4,29 <sup>b</sup>	4,15 <sup>c</sup>	4,14 <sup>c</sup>	6,59 <sup>a</sup>	n. a.	4,38 <sup>b</sup>	4,34 <sup>b</sup>	4,14 <sup>c</sup>	4,15 <sup>c</sup>
		±0,01		±0,01	±0,01	±0,01	±0,00	±0,01		±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02		±0,04	±0,02	±0,03	±0,02
Milchsäure	[% TS]	n. a.	n. a.	4,87 <sup>b</sup>	4,75 <sup>b</sup>	5,27 <sup>a</sup>	5,31 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	4,30 <sup>c</sup>	4,64 <sup>b</sup>	5,09 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	4,46 <sup>b</sup>	4,46 <sup>b</sup>	5,49 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>
				±0,04	±0,04	±0,02	±0,08			±0,30	±0,02	±0,06	±0,04			±0,04	±0,02	±0,06	±0,03
XZ	[% TS]	5,33 <sup>b</sup>	6,37 <sup>a</sup>	0,07 <sup>d</sup>	0,10 <sup>d</sup>	0,09 <sup>d</sup>	0,76 <sup>c</sup>	1,64 <sup>b</sup>	2,66 <sup>a</sup>	0,34 <sup>c</sup>	0,54 <sup>d</sup>	0,56 <sup>d</sup>	0,98 <sup>c</sup>	5,01 <sup>b</sup>	6,03 <sup>a</sup>	0,20 <sup>c</sup>	0,71 <sup>de</sup>	1,16 <sup>d</sup>	2,02 <sup>c</sup>
		±0,09	±0,09	±0,00	±0,00	±0,01	±0,06	±0,02	±0,02	±0,01	±0,05	±0,04	±0,31	±0,02	±0,02	±0,02	±1,11	±0,29	±0,01
Fructose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14 <sup>c</sup>	n. a.	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>d</sup>	0,70 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>
		±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,04	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,02		±0,00	±0,00	±0,02	±0,01
Glucose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,23 <sup>b</sup>	n. a.	0,07 <sup>c</sup>	0,10 <sup>c</sup>	0,09 <sup>c</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25 <sup>b</sup>	n. a.	0,20 <sup>b</sup>	0,08 <sup>c</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>
		±0,12		±0,00	±0,00	±0,01	±0,03	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,02		±0,02	±0,01	±0,01	±0,01
Saccharose* <sup>3</sup>	[% TS]	2,25 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,64 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,56 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,05		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,02		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,03		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Saccharose* <sup>4</sup>	[% TS]	2,42 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,39 <sup>b</sup>	1,31 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,76 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,68	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Galactose* <sup>4</sup>	[% TS]	2,85 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	0,34 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,98 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,01		±0,01	±0,05	±0,04	±0,31	±0,00		±0,00	±1,10	±0,28	±0,00
Raffinose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,62	n. a.	0,44	0,48	0,26	0,39	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,22		±0,38	±0,12	±0,23	±0,34	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Stachyose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,06 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,90 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,80 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±1,08	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,24		±0,00	±0,24	±0,15	±0,18
Verbascose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,49 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,41 <sup>b</sup>	2,40 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,67 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,22		±0,00	±0,00	±0,00	±0,70	±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Σ RFO	[% TS]	3,17 <sup>a</sup>	n. a.	0,44 <sup>c</sup>	0,48 <sup>c</sup>	0,26 <sup>c</sup>	1,42 <sup>b</sup>	3,30 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,98 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>c</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,09 <sup>bc</sup>	0,20 <sup>b</sup>
		±0,24		±0,38	±0,12	±0,23	±2,03	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,24	±0,15	±0,18

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup> (MEL: 2 % der Frischmasse (FM), 50,6 % Zucker in der OS (A38)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; RFO: Σ Raffinose, Stachyose, Verbascose; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose\*<sup>3</sup>, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten; \*<sup>3</sup> mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>4</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002)

**A88:** Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbasose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Lupinenkörnern (65 % TS, Versuch 2005, n = 3)

		Blaue Süßlupine: 'Borlu'						Blaue Süßlupine: 'Bora'						Blaue Bitterlupine: 'Azuro'					
		ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+
			+MEL				MEL		+MEL				MEL		+MEL				MEL
TS	[%]	67,24	67,42	65,48	66,75	66,38	66,11	67,11	67,29	65,97	66,37	66,05	65,79	66,07	66,27	66,51	66,64	66,72	65,56
		±0,00	±0,00	±0,71	±0,55	±0,14	±0,03	±0,11	±0,11	±0,89	±0,13	±0,07	±0,20	±0,13	±0,13	±0,32	±0,01	±0,42	±0,41
pH-Wert		5,79 <sup>a</sup>	n. a.	5,33 <sup>b</sup>	4,69 <sup>c</sup>	4,23 <sup>d</sup>	4,24 <sup>d</sup>	5,78 <sup>a</sup>	n. a.	4,89 <sup>b</sup>	4,40 <sup>c</sup>	4,17 <sup>d</sup>	4,19 <sup>d</sup>	5,83 <sup>a</sup>	n. a.	4,83 <sup>b</sup>	4,49 <sup>c</sup>	4,11 <sup>d</sup>	4,12 <sup>d</sup>
		±0,01		±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01		±0,05	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01		±0,01	±0,02	±0,01	±0,01
Milchsäure	[% TS]	n. a.	n. a.	1,06 <sup>c</sup>	2,74 <sup>b</sup>	4,75 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	2,06 <sup>c</sup>	4,08 <sup>b</sup>	5,55 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	1,81 <sup>d</sup>	3,39 <sup>c</sup>	5,29 <sup>b</sup>	5,69 <sup>a</sup>
				±0,10	±0,09	±0,10	±0,06			±0,04	±0,07	±0,22	±0,08			±0,05	±0,07	±0,07	±0,06
XZ	[% TS]	2,87 <sup>b</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	1,12 <sup>c</sup>	4,44 <sup>a</sup>	5,48 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a</sup>	4,89 <sup>b</sup>	5,91 <sup>a</sup>	1,81 <sup>d</sup>	2,76 <sup>c</sup>	1,97 <sup>d</sup>	3,10 <sup>c</sup>	5,60 <sup>b</sup>	6,60 <sup>a</sup>	3,93 <sup>c</sup>	2,19 <sup>c</sup>	1,65 <sup>f</sup>	2,48 <sup>d</sup>
		±0,07	±0,07	±0,08	±0,81	±2,37	±1,14	±0,01	±0,01	±0,81	±0,05	±0,09	±0,06	±0,07	±0,07	±0,13	±0,01	±0,03	±0,01
Fructose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>e</sup>	n. a.	0,59 <sup>d</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,05 <sup>c</sup>	1,71 <sup>a</sup>	0,00 <sup>d</sup>	n. a.	0,91 <sup>c</sup>	1,27 <sup>b</sup>	1,13 <sup>bc</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>	n. a.	0,96 <sup>c</sup>	0,76 <sup>d</sup>	0,94 <sup>c</sup>	1,55 <sup>b</sup>
		±0,00		±0,03	±0,26	±0,04	±0,03	±0,00		±0,32	±0,01	±0,04	±0,02	±0,05		±0,04	±0,02	±0,01	±0,00
Glucose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>e</sup>	n. a.	0,53 <sup>d</sup>	1,73 <sup>a</sup>	0,95 <sup>c</sup>	1,32 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	0,90 <sup>b</sup>	1,49 <sup>a</sup>	0,84 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	0,00 <sup>e</sup>	n. a.	1,28 <sup>b</sup>	1,42 <sup>a</sup>	0,71 <sup>d</sup>	0,93 <sup>c</sup>
		±0,00		±0,05	±0,39	±0,03	±0,02	±0,00		±0,49	±0,05	±0,06	±0,04	±0,00		±0,00	±0,02	±0,02	±0,01
Saccharose* <sup>3</sup>	[% TS]	2,87 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,00 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,09 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,07		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,01		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,04		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Saccharose* <sup>4</sup>	[% TS]	2,94 <sup>a</sup>	n. a.	0,80 <sup>b</sup>	0,49 <sup>c</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	3,00 <sup>a</sup>	n. a.	0,59 <sup>b</sup>	0,25 <sup>bc</sup>	0,13 <sup>c</sup>	0,13 <sup>c</sup>	3,03 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,08 <sup>b</sup>
		±0,08		±0,08	±0,04	±0,08	±0,16	±0,28		±0,16	±0,04	±0,22	±0,23	±0,22		±0,00	±0,00	±0,00	±0,13
Galactose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	1,27 <sup>ab</sup>	2,18 <sup>a</sup>	1,31 <sup>ab</sup>	1,90 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,21 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,19	±0,81	±1,13	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Raffinose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,85 <sup>a</sup>	n. a.	0,33 <sup>b</sup>	0,11 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,83 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,71 <sup>a</sup>	n. a.	0,08 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,10	±0,09	±0,00	±0,37	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,07	±0,08	±0,17	±0,00
Stachyose* <sup>4</sup>	[% TS]	4,03 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,71 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,24 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,24		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Verbasose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,53 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,58 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,59 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,11		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
ΣRFO	[% TS]	6,41 <sup>a</sup>	n. a.	0,33 <sup>b</sup>	0,11 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,21 <sup>b</sup>	6,12 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	5,55 <sup>a</sup>	n. a.	0,08 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,18		±0,10	±0,09	±0,00	±0,37	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,07	±0,08	±0,17	±0,00

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup> (MEL: 2 % der Frischmasse (FM), 50,6 % Zucker in der OS (A38)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; RFO: Σ Raffinose, Stachyose, Verbasose; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose\*<sup>3</sup>, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten; \*<sup>3</sup> mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>4</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002)

**A89:** Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbasose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Leguminosenkörnern (75 % TS, Versuch 2005, Ackerbohne 2006, n = 3)

		Ackerbohne: 'Limbo' (Versuch 2005)						Ackerbohne: 'Limbo' (Versuch 2006)						Erbse: 'Lisa'					
		ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+
		+MEL					MEL	+MEL					MEL	+MEL					MEL
TS	[%]	75,55	75,56	74,85	74,57	74,59	74,73	76,99	76,97	75,49	75,98	74,94	74,98	75,13	75,15	74,51	74,68	74,60	74,17
		±0,09	±0,06	±0,13	±0,21	±0,21	±0,09	±0,06	±0,06	±0,44	±0,48	±0,22	±0,68	±0,10	±0,10	±0,18	±0,29	±0,32	±0,24
pH-Wert		6,49 <sup>a</sup>	n. a.	6,20 <sup>b</sup>	6,19 <sup>b</sup>	5,96 <sup>c</sup>	5,81 <sup>d</sup>	6,52 <sup>a</sup>	n. a.	6,20 <sup>b</sup>	6,12 <sup>c</sup>	6,20 <sup>b</sup>	6,08 <sup>c</sup>	6,59 <sup>a</sup>	n. a.	6,00 <sup>b</sup>	5,94 <sup>c</sup>	6,00 <sup>b</sup>	5,79 <sup>c</sup>
		±0,02		±0,06	±0,01	±0,02	±0,07	±0,02		±0,01	±0,02	±0,01	±0,04	±0,02		±0,03	±0,01	±0,02	±0,03
Milchsäure	[% TS]	n. a.	n. a.	0,00 <sup>d</sup>	0,19 <sup>c</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,61 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	n. a.	0,05 <sup>c</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,11 <sup>c</sup>	0,45 <sup>a</sup>
				±0,00	±0,01	±0,04	±0,03			±0,00	±0,02	±0,00	±0,00			±0,01	±0,04	±0,03	±0,04
XZ	[% TS]	5,44 <sup>b</sup>	6,47 <sup>a</sup>	2,93 <sup>d</sup>	2,50 <sup>d</sup>	2,52 <sup>d</sup>	3,53 <sup>c</sup>	1,62 <sup>d</sup>	2,64 <sup>b</sup>	2,28 <sup>c</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,17 <sup>c</sup>	2,52 <sup>b</sup>	4,76 <sup>b</sup>	5,79 <sup>a</sup>	3,23 <sup>c</sup>	3,76 <sup>c</sup>	3,18 <sup>c</sup>	3,53 <sup>d</sup>
		±0,06	±0,06	±0,18	±0,56	±0,43	±0,25	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,09	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,04	±0,08
Fructose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	1,46 <sup>b</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,31 <sup>b</sup>	1,95 <sup>a</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	1,14 <sup>d</sup>	1,37 <sup>b</sup>	1,24 <sup>c</sup>	1,46 <sup>a</sup>
		±0,00		±0,10	±0,28	±0,22	±0,14	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,04	±0,04	±0,02	±0,05
Glucose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,19 <sup>c</sup>	n. a.	1,40 <sup>ab</sup>	1,14 <sup>b</sup>	1,21 <sup>b</sup>	1,58 <sup>a</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16 <sup>c</sup>	n. a.	0,93 <sup>b</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,99 <sup>b</sup>	1,26 <sup>a</sup>
		±0,03		±0,11	±0,29	±0,20	±0,12	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,01		±0,05	±0,03	±0,01	±0,07
Saccharose* <sup>3</sup>	[% TS]	2,17 <sup>a</sup>	n. a.	0,13 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,62 <sup>a</sup>	n. a.	0,63 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	2,23 <sup>a</sup>	n. a.	1,16 <sup>b</sup>	1,17 <sup>b</sup>	0,95 <sup>c</sup>	0,81 <sup>c</sup>
		±0,04		±0,06	±0,00	±0,00	±0,00	±0,01		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,04		±0,12	±0,09	±0,07	±0,10
Saccharose* <sup>4</sup>	[% TS]	2,23 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,32 <sup>a</sup>	n. a.	0,51 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	2,50 <sup>a</sup>	n. a.	2,77 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>
		±0,12		±0,00	±0,31	±0,00	±0,00	±0,11		±0,05	±0,07	±0,02	±0,05	±0,11		±1,24	±0,87	±0,67	±0,67
Galactose* <sup>4</sup>	[% TS]	3,09 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Raffinose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,37 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00	n. a.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Stachyose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,88 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,79 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,71 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>
		±0,20		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,03	±0,08
Verbasose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,67 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,19 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,10 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,11		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Σ RFO	[% TS]	2,92 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	2,98 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	4,39 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,11		±0,00	±0,00	±0,03	±0,08

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup> (MEL: 2 % der Frischmasse (FM), 50,6 % Zucker in der OS (A38)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; RFO: Σ Raffinose, Stachyose, Verbasose; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose\*<sup>3</sup>, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten; \*<sup>3</sup> mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>4</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002)



**A90:** Zuckerfraktionen (Fructose, Glucose, Saccharose, Galactose) und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbasose) im unsilierten Erntegut sowie in den Modellsilagen (90 Tage Lagerung) aus Lupinenkörnern (75 % TS, Versuch 2005, n = 3)

		Blaue Süßlupine: 'Borlu'						Blaue Süßlupine: 'Bora'						Blaue Bitterlupine: 'Azuro'					
		ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+	ASM* <sup>1</sup>	ASM* <sup>2</sup>	KON	MEL	MSB	MSB+
		+MEL						+MEL						+MEL					
TS	[%]	73,86	73,91	74,19	73,22	72,89	72,57	74,61	74,64	75,37	75,14	74,92	74,79	70,80	70,90	70,57	71,19	70,95	70,10
		±0,20	±0,19	±0,85	±0,35	±0,63	±0,11	±0,10	±0,10	±0,07	±0,64	±0,03	±0,09	±0,04	±0,04	±1,35	±0,41	±0,27	±0,09
pH-Wert		5,94 <sup>a</sup>	n. a.	5,68 <sup>b</sup>	5,69 <sup>b</sup>	5,73 <sup>b</sup>	5,70 <sup>b</sup>	5,90 <sup>a</sup>	n. a.	5,65 <sup>b</sup>	5,64 <sup>b</sup>	5,66 <sup>b</sup>	5,65 <sup>b</sup>	6,14 <sup>a</sup>	n. a.	5,63 <sup>b</sup>	5,52 <sup>b</sup>	4,45 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>
		±0,01		±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,00		±0,00	±0,03	±0,01	±0,01	±0,01		±0,05	±0,01	±0,01	±0,00
Milchsäure	[% TS]	n. a.	n. a.	0,03 <sup>c</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,06 <sup>c</sup>	0,19 <sup>a</sup>	n. a.	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,08 <sup>ab</sup>	n. a.	n. a.	0,10 <sup>d</sup>	0,51 <sup>c</sup>	3,96 <sup>b</sup>	4,45 <sup>a</sup>
				±0,00	±0,01	±0,02	±0,02			±0,00	±0,01	±0,00	±0,00			±0,02	±0,01	±0,10	±0,03
XZ	[% TS]	4,89 <sup>b</sup>	5,91 <sup>a</sup>	4,09 <sup>bc</sup>	4,34 <sup>b</sup>	3,35 <sup>c</sup>	4,19 <sup>bc</sup>	4,74 <sup>b</sup>	5,76 <sup>ab</sup>	4,90 <sup>b</sup>	4,96 <sup>b</sup>	5,85 <sup>ab</sup>	6,73 <sup>a</sup>	5,29 <sup>ab</sup>	6,30 <sup>a</sup>	3,18 <sup>c</sup>	4,74 <sup>b</sup>	2,49 <sup>c</sup>	3,30 <sup>c</sup>
		±0,05	±0,04	±0,49	±0,73	±0,36	±0,76	±0,04	±0,04	±1,15	±0,36	±0,46	±0,99	±0,02	±0,02	±1,62	±0,04	±0,06	±0,04
Fructose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	1,72 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	1,20 <sup>b</sup>	1,32 <sup>ab</sup>	1,31 <sup>ab</sup>	1,78 <sup>a</sup>	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	1,87 <sup>ab</sup>	2,53 <sup>a</sup>	1,20 <sup>b</sup>	1,64 <sup>b</sup>
		±0,00		±0,32	±0,39	±0,14	±0,39	±0,00		±0,23	±0,35	±0,13	±0,34	±0,00		±0,86	±0,05	±0,02	±0,04
Glucose* <sup>3</sup>	[% TS]	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	1,00 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	n. a.	1,13 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	0,00 <sup>c</sup>	n. a.	1,31 <sup>b</sup>	2,21 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>	1,66 <sup>ab</sup>
		±0,00		±0,16	±0,31	±0,12	±0,30	±0,00		±0,15	±0,34	±0,10	±0,50	±0,00		±0,76	±0,04	±0,04	±0,01
Saccharose* <sup>3</sup>	[% TS]	3,00 <sup>a</sup>	n. a.	1,37 <sup>b</sup>	1,43 <sup>b</sup>	1,09 <sup>c</sup>	1,02 <sup>c</sup>	2,96 <sup>a</sup>	n. a.	1,88 <sup>d</sup>	2,54 <sup>b</sup>	2,02 <sup>c</sup>	1,94 <sup>c</sup>	3,31 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,05		±0,18	±0,05	±0,13	±0,09	±0,04		±0,94	±0,34	±0,28	±0,51	±0,02		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Saccharose* <sup>4</sup>	[% TS]	3,06 <sup>a</sup>	n. a.	1,64 <sup>c</sup>	2,82 <sup>b</sup>	2,27 <sup>bc</sup>	2,14 <sup>bc</sup>	2,95 <sup>a</sup>	n. a.	1,82 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>	2,18 <sup>b</sup>	2,92 <sup>a</sup>	3,28 <sup>a</sup>	n. a.	0,16 <sup>c</sup>	0,34 <sup>bc</sup>	1,58 <sup>b</sup>	0,72 <sup>bc</sup>
		±0,22		±0,28	±0,49	±0,49	±0,28	±0,28		±0,91	±0,63	±0,52	±0,39	±0,24		±0,28	±0,37	±1,16	±0,63
Galactose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,89 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,78 <sup>a</sup>	n. a.	0,69 <sup>bc</sup>	0,00 <sup>c</sup>	1,22 <sup>b</sup>	1,43 <sup>b</sup>	1,98 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,00		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,22		±0,59	±0,00	±0,37	±1,31	±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
Raffinose* <sup>4</sup>	[% TS]	0,85 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>c</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,89 <sup>a</sup>	n. a.	0,37 <sup>c</sup>	0,86 <sup>b</sup>	0,47 <sup>c</sup>	0,35 <sup>c</sup>	0,72 <sup>a</sup>	n. a.	0,07 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,10		±0,00	±0,30	±0,24	±0,27	±0,10		±0,14	±0,49	±0,06	±0,18	±0,22		±0,06	±0,00	±0,00	±0,00
Stachyose* <sup>4</sup>	[% TS]	3,77 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	3,84 <sup>a</sup>	n. a.	0,15 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	3,37 <sup>a</sup>	n. a.	0,25 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>
		±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,20		±0,13	±0,10	±0,04	±0,07	±0,18		±0,23	±0,16	±0,00	±0,15
Verbasose* <sup>4</sup>	[% TS]	1,51 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	1,65 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	1,08 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
		±0,18		±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,11		±0,00	±0,25	±0,06	±0,12	±0,18		±0,00	±0,23	±0,00	±0,00
Σ RFO	[% TS]	6,14 <sup>a</sup>	n. a.	0,00 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	6,37 <sup>a</sup>	n. a.	0,51 <sup>c</sup>	1,25 <sup>b</sup>	0,71 <sup>c</sup>	0,76 <sup>c</sup>	5,16 <sup>a</sup>	n. a.	0,32 <sup>b</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,09 <sup>c</sup>
		±0,09		±0,00	±0,30	±0,24	±0,27	±0,08		±0,26	±0,81	±0,08	±0,35	±0,10		±0,28	±0,30	±0,00	±0,15

ASM: Ausgangsmaterial (ohne\*<sup>1</sup> bzw. mit Zusatz von Melasse\*<sup>2</sup> (MEL: 2 % der Frischmasse (FM), 50,6 % Zucker in der OS (A38)); KON: Kontrolle ohne Zusatz; MSB: Milchsäurebakterien (*Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> KBE/g FM, DSM 8862, 8866); n. a.: nicht analysiert; RFO: Σ Raffinose, Stachyose, Verbasose; TS: Trockensubstanz; XZ: Zucker (Σ Fructose, Glucose, Saccharose\*<sup>3</sup>, Galactose); <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten; \*<sup>3</sup> mittels HPLC analog SCHMIDT *et al.* (2005); \*<sup>4</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002)

**A91:** Galactose, Saccharose und Oligosaccharidfraktionen (Raffinose, Stachyose, Verbasose) in reifen, lagertrockenen Leguminosenkörnern und in Modellsilagen aus rückbefeuchtetem Körnerschrot (34 Tage Inkubation; n = 3)

Art/ Sorte	Variante	TS		pH-Wert		Milchsäure		Galactose* <sup>1</sup>		Saccharose* <sup>1</sup>		Raffinose* <sup>1</sup>		Stachyose* <sup>1</sup>		Verbasose* <sup>1</sup>		Σ RFO	
		[%]										[% TS]							
Ackerbohne 'Limbo'	ASM	65,3	±0,4	6,3 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		0,33 <sup>b</sup>	±0,46	2,28 <sup>a</sup>	±0,31	0,09 <sup>bc</sup>	±0,12	0,67 <sup>a</sup>	±0,12	2,34 <sup>a</sup>	±0,34	3,09 <sup>a</sup>	±0,58
	KON	64,8	±0,1	4,3 <sup>c</sup>	±0,1	4,5 <sup>b</sup>	±0,2	0,20 <sup>b</sup>	±0,04	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,04	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,04
	MEL	65,3	±0,0	4,5 <sup>b</sup>	±0,1	3,4 <sup>c</sup>	±0,5	0,36 <sup>ab</sup>	±0,33	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,12 <sup>ab</sup>	±0,11	0,06 <sup>b</sup>	±0,10	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,19
	MSB1	65,5	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	4,8 <sup>ab</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>ab</sup>	±0,01	0,11 <sup>b</sup>	±0,09	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,27 <sup>b</sup>	±0,10
	MSB2	66,4	±0,1	4,1 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,17 <sup>ab</sup>	±0,02	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,02
	MSB3	65,3	±0,1	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,15 <sup>ab</sup>	±0,02	0,14 <sup>b</sup>	±0,12	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,29 <sup>b</sup>	±0,13
	MSB1+MEL	65,5	±0,1	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,0 <sup>ab</sup>	±0,0	0,69 <sup>a</sup>	±0,06	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB2+MEL	64,9	±0,2	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,0	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,19 <sup>a</sup>	±0,07	0,10 <sup>b</sup>	±0,01	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,30 <sup>b</sup>	±0,07
MSB3+MEL	65,1	±0,0	4,2 <sup>cd</sup>	±0,0	5,1 <sup>ab</sup>	±0,0	0,16 <sup>b</sup>	±0,28	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,09 <sup>b</sup>	±0,15	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,09 <sup>b</sup>	±0,15	
Erbse 'Lisa'	ASM	63,2	±0,6	6,3 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		0,00 <sup>c</sup>	±0,00	1,97 <sup>a</sup>	±0,04	0,52 <sup>a</sup>	±0,16	2,01 <sup>a</sup>	±0,10	3,01 <sup>a</sup>	±0,12	5,54 <sup>a</sup>	±0,15
	KON	61,9	±0,6	4,4 <sup>b</sup>	±0,2	3,9 <sup>b</sup>	±0,7	0,26 <sup>b</sup>	±0,18	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,05 <sup>b</sup>	±0,09	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,05 <sup>b</sup>	±0,09
	MEL	62,2	±0,5	4,3 <sup>bc</sup>	±0,0	4,4 <sup>b</sup>	±0,5	0,45 <sup>a</sup>	±0,07	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB1	62,5	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>a</sup>	±0,1	0,50 <sup>a</sup>	±0,08	0,29 <sup>c</sup>	±0,50	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB2	63,6	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,2	0,05 <sup>c</sup>	±0,08	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB3	62,1	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>a</sup>	±0,0	0,21 <sup>b</sup>	±0,12	1,05 <sup>b</sup>	±0,62	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB1+MEL	62,6	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>a</sup>	±0,0	0,42 <sup>a</sup>	±0,02	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB2+MEL	61,9	±0,9	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,1 <sup>a</sup>	±0,2	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
MSB3+MEL	62,5	±0,2	4,2 <sup>c</sup>	±0,0	5,3 <sup>a</sup>	±0,1	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	
Blaue Stüß- lupine 'Bora'	ASM	65,0	±0,2	5,8 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		0,44 <sup>a</sup>	±0,11	3,45 <sup>a</sup>	±0,84	0,93 <sup>a</sup>	±0,07	4,03 <sup>a</sup>	±0,37	1,92 <sup>a</sup>	±0,04	6,88 <sup>a</sup>	±0,48
	KON	62,0	±0,1	4,3 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>b</sup>	±0,7	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,29 <sup>b</sup>	±0,25	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,13 <sup>b</sup>	±0,23	0,06 <sup>b</sup>	±0,10	0,19 <sup>b</sup>	±0,33
	MEL	61,7	±0,3	4,3 <sup>b</sup>	±0,1	4,7 <sup>b</sup>	±0,6	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,27	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,27 <sup>b</sup>	±0,47	0,08 <sup>b</sup>	±0,14	0,35 <sup>b</sup>	±0,61
	MSB1	62,2	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,29 <sup>ab</sup>	±0,50	0,24 <sup>b</sup>	±0,41	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,07 <sup>b</sup>	±0,12	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,07 <sup>b</sup>	±0,12
	MSB2	62,9	±0,1	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,5 <sup>ab</sup>	±0,0	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,15 <sup>b</sup>	±0,27	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB3	62,0	±0,1	4,2 <sup>bc</sup>	±0,0	5,6 <sup>a</sup>	±0,3	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,41 <sup>b</sup>	±0,36	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,16	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,16
	MSB1+MEL	63,4	±0,3	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,9 <sup>a</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,57 <sup>b</sup>	±0,49	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,09 <sup>b</sup>	±0,16	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,09 <sup>b</sup>	±0,16
	MSB2+MEL	63,8	±0,4	4,1 <sup>c</sup>	±0,0	5,4 <sup>ab</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,17	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,17
MSB3+MEL	63,1	±0,3	4,2 <sup>bc</sup>	±0,0	5,7 <sup>a</sup>	±0,1	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,16	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,18 <sup>b</sup>	±0,16	
Blaue Bitter- lupine 'Azuro'	ASM	65,0	±0,4	5,6 <sup>a</sup>	±0,0	n. a.		0,29 <sup>c</sup>	±0,10	2,81 <sup>a</sup>	±0,05	0,80 <sup>a</sup>	±0,25	3,32 <sup>a</sup>	±0,60	1,45 <sup>a</sup>	±0,17	5,57 <sup>a</sup>	±0,18
	KON	63,0	±0,5	4,7 <sup>b</sup>	±0,2	2,7 <sup>f</sup>	±0,2	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>d</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,16 <sup>b</sup>	±0,14	0,05 <sup>b</sup>	±0,09	0,21 <sup>b</sup>	±0,20
	MEL	64,0	±0,5	4,5 <sup>c</sup>	±0,0	3,3 <sup>e</sup>	±0,3	0,00 <sup>c</sup>	±0,00	0,00 <sup>d</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,09 <sup>b</sup>	±0,09	0,09 <sup>b</sup>	±0,16	0,18 <sup>b</sup>	±0,25
	MSB1	63,8	±0,0	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,3 <sup>bcd</sup>	±0,0	1,42 <sup>a</sup>	±0,31	0,70 <sup>c</sup>	±0,31	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB2	64,6	±0,3	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,2 <sup>cd</sup>	±0,1	0,40 <sup>bc</sup>	±0,70	0,00 <sup>d</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB3	63,5	±0,5	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,8 <sup>a</sup>	±0,1	0,97 <sup>ab</sup>	±0,07	0,26 <sup>cd</sup>	±0,23	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,08 <sup>b</sup>	±0,14	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,08 <sup>b</sup>	±0,14
	MSB1+MEL	64,5	±0,1	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,5 <sup>abc</sup>	±0,1	1,17 <sup>a</sup>	±0,43	1,35 <sup>b</sup>	±0,63	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
	MSB2+MEL	65,9	±0,6	4,1 <sup>d</sup>	±0,0	5,0 <sup>d</sup>	±0,0	0,99 <sup>ab</sup>	±0,04	0,50 <sup>cd</sup>	±0,04	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00
MSB3+MEL	64,2	±0,3	4,0 <sup>d</sup>	±0,0	5,6 <sup>ab</sup>	±0,1	0,90 <sup>ab</sup>	±0,25	0,75 <sup>c</sup>	±0,16	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	0,00 <sup>b</sup>	±0,00	

ASM: Ausgangsmaterial; KON: Kontrolle ohne Zusatz; MEL: Melasse (2 % der Frischmasse (FM)); MSB: Milchsäurebakterien (MSB1: *Lb. plantarum*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM; MSB2: *Lb. plantarum*, 1\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM; MSB3: *Lb. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, 3\*10<sup>5</sup> Kbe/g FM); n. a.: nicht analysiert; RFO: Σ Raffinose, Stachyose, Verbasose; TS: Trockensubstanz; <sup>a,b</sup> signifikante (p < 0,05) Mittelwertdifferenzen zwischen dem ASM und den Varianten bzw. zwischen den Varianten im Silierversuch innerhalb der Sorten; \*<sup>1</sup> mittels HPLC analog KLUGE *et al.* (2002)

### Thesen zur Dissertation:

#### „Die Silierung von Körnern der großsamigen Leguminosen als Verfahren der Konservierung und der Verbesserung ihres ernährungsphysiologischen Wertes für Monogastrier“

vorgelegt von Dipl.-Ing. agr. Annett Gefrom

Einheimische Leguminosen wie Ackerbohne, Futtererbse und Lupinen stellen aufgrund ihres hohen Protein- und Energiegehaltes wertvolle Futtermittel dar und sind zudem in einer ausgewogenen Fruchtfolge von großer Bedeutung.

Als problematisch bei der Körnernutzung gilt die uneinheitliche Abreife der Bestände und es ist insbesondere bei feuchter Spätsommerwitterung von hohen Restfeuchtegehalten im Erntegut auszugehen. Durch milchsäure Fermentation vor der Vollreife geernteter Körner könnten die zum konventionellen Erntetermin üblicherweise anfallenden Trocknungskosten umgangen werden.

Aufgrund der kalkulierten chemischen Vergärbarkeitsparameter (Rohproteingehalt, Z/PK-Quotient) ist die geschätzte Silierfähigkeit der Leguminosenkörner als ungenügend zu beurteilen. **Ziel** war es daher die Silierbarkeitsparameter an einem definierten Material experimentell zu bestimmen und diese mit dem jeweiligen Siliererfolg zu verifizieren. Dazu wurden Untersuchungen von Körnern der großsamigen Leguminosen bei der Ernte mit hohen Restfeuchtegehalten durchgeführt, wobei gleichzeitig geprüft werden sollte, ob und in welchem Umfang im Rahmen des Silierprozesses die Gehalte an in einheimischen Körnerleguminosen gegebenenfalls vorhandenen antinutritiven Inhaltsstoffen (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor, Tannine) reduziert werden können.

Entsprechend der wissenschaftlichen Zielstellung wurden folgende **Arbeitsziele** erstellt:

1. Ermittlung des Gehaltes nutritiven und antinutritiven (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor, Tannine) Inhaltsstoffen in Körnern ausgewählter Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensorten (reife und lagertrocken bzw. mit Restfeuchte bis 35 % geerntet)
2. chemische Bestimmung der Siliereignung von Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinensorten
3. *in-vitro* Prüfung (Rostocker Fermentationstest, Modellsilagen) der Vergärbarkeit von Leguminosenkörnerschrot bei Rückbefeuchtung reifer Körner und bei Ernte der Körner mit hohem Restfeuchtegehalt
4. Erprobung von Silierzusätzen (Milchsäurebakterien, Melasse)
5. Ermittlung der Auswirkungen der Silierung auf die Gehalte an nutritiven und antinutritiven (Alkaloide, Oligosaccharide, Phytat-Phosphor, Tannine) Inhaltsstoffen

In Auswertung der Ergebnisse und aus den gezogenen Schlussfolgerungen der vorangestellten Untersuchungen werden folgende **Thesen** abgeleitet:

1. Körner einheimischer Leguminosen (Ackerbohne, Futtererbse und Lupine) stellen aufgrund ihres hohen Protein- und Energiegehaltes ein wertvolles Futtermittel dar.
  2. Ackerbohlen-, Erbsen- und Lupinenkörner mit hohem Restfeuchtegehalt sind, trotz ihrer aufgrund chemischer Vergärbarkeitsparameter als theoretisch negativ zu bewertenden Silierbarkeit, durch milchsäure Fermentation konservierbar.
  3. Anhand der *in-vitro* Versuche (Rostocker Fermentationstest, Modellsilagen) mit reifen, lagertrockenen Körnern verschiedener Leguminosenarten und -sorten bzw. mit feucht geernteten Ackerbohlen-, Erbsen- und Lupinenkörnern wird die theoretisch ungünstige Silierbarkeit widerlegt.
  4. Das im Körnerschrot befindliche Restwasser ermöglicht im Silierprozess enzymatische Umsetzungen der in der wässrigen Phase gelösten bzw. in suspendierter Form vorliegenden Stoffe. Eine umfassende Wirkung von pflanzeigenen und mikrobiellen Enzymen ist aufgrund der Zerkleinerung der Körner und der Einwirkzeiten während der Silierung möglich. Dadurch ist das Kornmaterial großsamiger Leguminosen im hohen Trockensubstanzbereich silierfähig.
  5. Auch ohne den Einsatz von Silierhilfsmitteln (Melasse, Milchsäurebakterien) können durch milchsäure Fermentation organoleptisch einwandfreie Körnerschrotsilagen produziert werden.
  6. Die Zugabe von Milchsäurebakterien führt zu niedrigeren pH-Werten, einer signifikant höheren Milchsäurebildung und signifikant geringeren Alkoholgehalten sowie einer Verbesserung der aeroben Stabilität der Silagen als in den Vergleichsvarianten ohne Silierzusätze. Durch Zusatz leistungsfähiger Milchsäurebakterienpräparate kann die Silagequalität weiter verbessert werden.
  7. Zusätzliche Zuckerquellen sind bei der Silierung von Leguminosenkörnerschrot zum Erreichen einer stabilen Silage nicht erforderlich. Die in Körnerleguminosen vorkommenden niedermolekularen Oligosaccharide (Raffinose, Stachyose, Verbascose) können für den Bakterienstoffwechsel zur Milchsäurebildung genutzt werden.
- Milchsäurebakterien mit amylolytischer Aktivität nutzten zusätzlich das durch den hohen Stärkegehalt bei Ackerbohlen und Erbsen gegebene Gärsubstrat.

**8.** Anhand der Gärqualität, der Inhaltsstoffzusammensetzung und der ernährungsphysiologisch positiven Wirkung der Milchsäure können Ackerbohnen-, Erbsen- und Lupinenschrotsilagen als ein wertvolles Futtermittel für monogastrische Tierarten verwendet werden.

**9.** Im Rahmen der milchsäuren Fermentation erfolgt über pflanzliche und mikrobielle Enzymwirkung eine Reduzierung der Gehalte bzw. Inaktivierung bestimmter antinutritiver Inhaltsstoffe (Oligosaccharide und Tannine) und somit eine teilweise Verbesserung des Futterwertes der Silagen. Eine Reduzierung der flatulenten Eigenschaften und womöglich eine Verbesserung der Verdaulichkeit an Nährstoffen sind zu vermuten.

**10.** Die milchsäure Fermentation von Leguminosenkörnern mit hohem Restfeuchtegehalt bedarf keiner chemischen Zusätze. Daher bietet die milchsäure Körnerschrotfermentation unter anaeroben Bedingungen ein Bearbeitungsverfahren zur kostengünstigen Bereitstellung wirtschaftseigener eiweißreicher Konzentratfuttermittel, welches auch in den Betrieben des ökologischen Landbaus anwendbar ist.

## Danksagung

Die vorliegende Dissertation ist während meiner Zeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät, Rostock entstanden. Ich bedanke mich bei allen, die durch ihre Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Dr. Friedel danke ich für die Themenstellung. Frau Dr. Edda Ott danke ich für das mir entgegengebrachte Vertrauen sowie die engagierte, konstruktive, wissenschaftliche Betreuung innerhalb des Forschungsprojektes. Frau Professor Zeyner möchte ich für die stets gewährte Unterstützung in wissenschaftlichen Fragen und für die Begutachtung der vorliegenden Arbeit danken. Herrn Professor Mohr (Universität Rostock), Herrn Professor Schenkel (Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie) und Herrn Dr. Steinhöfel (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch) gilt mein Dank für die Übernahme der Begutachtung dieser Arbeit. Ich möchte mich an dieser Stelle auch bei Herrn Professor Gabel und Herrn Dr. Hackl für die gewährte Hilfe, Diskussionsbereitschaft und wertvollen Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken. Ebenso waren Frau Jansen, Dr. Jürgens (Julius-Kühn-Institut) und Herr Schachler (Saatzucht Steinach GmbH) wertvolle Diskussionspartner in der wissenschaftlichen Arbeit. Für die gute Zusammenarbeit und die Durchführung der umfangreichen Analysen geht ein ganz besonderer Dank an das Laborpersonal Frau Gall, Frau Beck, Frau Bremer und Frau Hartmann. Ohne das Engagement und die Sorgfalt während der gesamten Arbeit wären viele Ergebnisse so nicht erreicht worden. Herrn Prof. Wink (IPMB, Universität Heidelberg), Herrn Prof. Steingass und Frau Haller (Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim), Herrn Dr. Kluge (Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle) sowie Frau Dr. Modi und Herrn Hillegeist (JKI-Braunschweig) danke ich für die fachliche Beratung zu verschiedenen Analysen und die Durchführung der Phosphoranalyse, sowie weiteren Vergleichsuntersuchungen. Ebenso seien Frau Dr. Kofahl und Frau Dr. Hoedtker für ihre Diskussionsbereitschaft und nützlichen Hinweise bei der Laborarbeit und Unterstützung in wissenschaftlichen Fragestellungen gedankt.

Herrn Dr. Kressner und den studentischen Hilfskräften (die Zahl dieser HelferInnen ist so groß, dass ich sie hier nicht erwähnen kann) möchte ich für die engagierte Mitarbeit bei den Versuchen danken. Ohne ihren Fleiß wäre die Durchführung der Versuche nicht möglich gewesen.

Herrn Dr. Klaus und Mitarbeitern (Institut für Landnutzung, Universität Rostock), Herrn Dr. Goltermann, Herrn Gebbard (Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern) und Herrn Zeplin (Papendorfer Agrar-Genossenschaft e. G.) danke ich besonders für die professionelle Arbeitsweise im Versuchsanbau. Ein großes Dankeschön sei auch an Frau Dethloff (LUFA-Rostock) und Frau Dr. Jänike sowie den Mitarbeitern vom FBN-Dummerstorf und der Versuchsstation "Friedrich Harms" (Universität Rostock) für die gute Kooperation bei der Probenaufbereitung und -lagerung gerichtet.

Danken möchte ich auch allen anderen Institutsangehörigen für die freundliche Arbeitsatmosphäre und den direkt bzw. indirekt beteiligten Menschen, die auf ihre Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Frau Schwarz und Frau Dittmann (AUF, Universität Rostock) danke ich für die Lösung meiner Computerprobleme und die Unterstützung bei der statistischen Auswertung. Mein Dank geht auch an die Mitarbeiter der Werkstatt, die bei technischen Problemen stets Unterstützung boten. Ich möchte mich auch bei der Schaumann-Stiftung für die Gewährung eines Stipendiums zum Promotionsabschluss herzlich bedanken.

Ganz zum Schluss sei ein großes Dankeschön an meine Freunde Bianka Halfter, Clemence Grund, Ines Herr, Simone Witzel, Dirk und Verena Marquardt und Familie Redepenning sowie Udo Seelig und Tobias Feldhammer, Jens Ungelenk, Wolfgang Nerge und Karin Wachsmuth gerichtet, die mir viel Mut und moralische Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit zugesprochen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinem Bruder Stephan Gefrom. Selbst sie sind in die Gelegenheit gekommen, bei den Feldversuchen mitzuwirken. Ich danke ihnen, dass sie mir stets zur Seite stehen und mich in allen Lebenslagen kompromisslos unterstützen. Dafür kann ich ihnen nur mein Lächeln schenken.

Mein besonderer Dank gilt außerdem Tobias Reinhardt. Ich freue mich auf eine Zukunft mit ihm.

## Lebenslauf

Name:	Annett Gefrom	
Geburtsdatum:	11.07.1978	
Geburtsort:	Berlin	
Schulausbildung:	1985 - 1991	Grundschule in Berlin
	1991 - 1998	Gymnasium in Berlin (Stauffenberg- und Camille Claudel Gymnasium)
Studium:	1999 - 2005	Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Studiengang: Agrarökologie Abschluss: Diplom-Agraringenieur
Promotionsstudium:	2008 - 2013	Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung; gefördert durch ein sechsmonatiges Stipendium der H. Wilhelm Schaumann Stiftung
Berufstätigkeit:	2005 - 2007	Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät, Universität Rostock; Projekt: „Silierung von Körnerleguminosen“; gefördert aus den Mitteln des BMELV über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Projekt 03HS002
	01.2010 - 08.2011	leitende Angestellte im Agrarunternehmen der Geflügelbranche/ Legehennen und Junghennenaufzucht; Produktionsleitung, Qualitätsmanagement; Assistenz der Geschäftsführung

## Publikationen

- Gefrom, A. und Ott, E.M. (2006): Untersuchungen zur Silierbarkeit von Körnern der Lupinensorte „Bora“. Vortrag auf der 6. Heidelberger Lupinentagung, 25.–27.01.2006 in Heidelberg
- Gefrom, A. und Ott, E.M. (2006): Investigations on ensilability of pea and field bean seeds. In: Martens, H. (Hrsg.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 15, 93
- Ott, E.M. und Gefrom, A. (2006): Investigations on ensilability of pea seeds (*Pisum sativum*) harvested before maturation. In: Proceedings of the 12th International Symposium on Forage Conservation, 2nd–5th April 2006 in Brno, Czech Republic, 189
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2006): Untersuchungen zur Silierbarkeit von Lupinenkörnern der Sorte „Borlu“ bei Ernte vor der Vollreife. In: Kurzfassungen der Referate zum 118. VDLUFA-Kongress vom 19.–22.09.2006 in Freiburg, 134
- Ott, E.M.; Gefrom, A. und Zeyner, A. (2007): Investigations on the ensilability of field bean seeds (*Vicia faba*) harvested before maturation. In: Martens, H. (Hrsg.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology. 16, 110
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2007): Investigations on the ensilability of pea (*Pisum sativum*), field bean (*Vicia faba*) and lupine seeds (*Lupinus angustifolius*) harvested before maturation. Proceedings of the 6th European Conference on grain legumes, 12.–16.11.2007, Lisbon, Portugal, 188
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2008): Ensiling natively moist seeds of field bean and pea and the influence of conservation on tannins. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 17, 131
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2009): Ensiling moistly harvested lupine seeds and the influence of conservation on oligosaccharides. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 18, 115
- Frank, A.; Hackl, W.; Ott, E.M.; Gefrom, A. und Zeyner, A. (2009): Untersuchungen zum Einsatz von Lupinenkornsilage in der Ferkelaufzucht. Tagungsunterlage DLG Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 01.–02.04.2009, 168–171
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2012): Silierung von Lupinenkörnern vor der Vollreife – Untersuchung der Alkaloid- und Oligosaccharidgehalte. 17. Vortragsveranstaltung Gesellschaft zu Förderung der Lupine, Groß Lüsewitz (bei Rostock), 17.01.2012
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2012): Silierung von feuchtem Lupinenkörnerschrot – Alkaloidgehalte bei Süß- & Bitterlupine. PlantsProFood – Gewinnung von funktionellen Food Ingredients aus Lupinensaaten, Fachtagung 18.01.2012, Rostock
- Gefrom, A.; Ott, E.M.; Hoedtke, S. und Zeyner, A. (2012): Ensiling legume grains to reduce anti-nutritional factors; Effect of ensiling moist field bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*) and lupine (*Lupinus spp.*) grains on the contents of alkaloids, oligosaccharides and tannins. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, online: DOI:10.1111/jpn.12024
- Gefrom, A.; Ott, E.M. und Zeyner, A. (2012): Die Silierung von Körnern der großsamigen Leguminosen. Vortrag LFA Fachveranstaltung „13. Dummerstorfer Seminar Futter und Fütterung“, 05.12.2012, Rostock
- Gefrom, A.; Ott, E.M.; Hoedtke, S. und Zeyner, A. (2013): Ensiling legume seeds and the influence of conservation on contents of alkaloids, oligosaccharides, phytate-phosphorus and tannins. Züchtungskunde, 85 (2), 154–168
- Zeyner, A.; Gefrom, A.; Hillegeist, D. und Sommer, W. (2013): Contribution to the method of sugar analysis in legume grains for ensiling. In: European Society of Veterinary and Comparative Nutrition: Proceedings of the 17th European Society of Veterinary and Comparative Nutrition Congress. ISBN 978-90-5864-353-7, 53