Legume Translated practice guide 3

Erbsenfütterung in der Schweinehaltung

Sarah Wochner und Isabella Munder

Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall

Juni 2022

Legumes Translated

Legumes Translated (Translating knowledge for legume-based farming for feed and food systems) is an international research and development project funded by the European Union through the Horizon 2020 Programme under grant agreement number 817634. The Legumes Translated research consortium comprises 17 partners in 9 countries.

Disclaimer

The information presented here has been thoroughly researched and is believed to be accurate and correct. However, the authors cannot be held legally responsible for any errors. There are no warranties, expressed or implied, made with respect to the information provided. The authors will not be liable for any direct, indirect, special, incidental or consequential damages arising out of the use or inability to use the content of this publication.

Copyright

© Die Authors, 2022. Reproduction and dissemination of material presented here for research, educational or other non-commercial purposes are authorised without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material for sale or other commercial purposes is prohibited.

Citation

Please cite this report as follows:

Wochner, S. und Munder, I., 2022. Erbsenfütterung in der Schweinehaltung. Legumes Translated Practice Guide 3. Available from www.legumehub.eu

Legumes Translated (Translating knowledge for legume-based farming for feed and food systems) has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 817634

Contents

ZUSAMMENFASSUNG **4**

VORWORT **4**

EIWEIßVERSORGUNG IN DEUTSCHLAND **5**

ANBAU VON HEIMISCHEN KÖRNERERBSEN IM KREIS SCHWÄBISCH HALL **6**

ANBAUFLÄCHE 6
ANBAUHINWEISE 6
WIRTSCHAFTLICHKEIT DES ANBAUS 9

ERFASSUNG, AUFBEREITUNG UND VEREDLUNG **10**

BESONDERE VERMARKTUNGSSTRUKTUREN 12

NETZWERKE ZUR VERMARKTUNG **14**

NÄHRSTOFFANSPRÜCHE IN DER SCHWEINEFÜTTERUNG **14**

ALLGEMEINE FÜTTERUNGSANSPRÜCHE 14

FUTTERWERT ERBSE **15**

FÜTTERUNGSVERSUCH **16**

MATERIAL UND METHODEN 16
ERGEBNIS 21
DISKUSSION 27

RATIONEN **28**

MASTLEISTUNG 33
SCHLACHTLEISTUNG UND FLEISCHQUALITÄT 37
SCHLUSSFOLGERUNGEN 42

AUSBLICK **43**

ANHANG **44**

VERMARKTER VON KÖRNERLEGUMINOSEN 44
QUELLEN 46

LITERATURVERZEICHNIS **47**

Zusammenfassung

Dieser Practice Guide soll eine Übersicht über die momentanen Gegebenheiten hinsichtlich der Eiweißversorgung in der Region Hohenlohe geben und unsere Landwirte dazu ermutigen, heimische Körnerleguminosen als wertvolle Kulturart in die Fruchtfolge und Fütterung aufzunehmen. In einem Fütterungsversuch mit Erbsen in der Schweinemast möchten wir dabei besonders auf den Aspekt des Anbau- und Futterwertes der Erbse eingehen. Daneben soll der Guide auch viele Informationsquellen nennen, über welche man sich auch zum Anbau weiterer heimischer Körnerleguminosen wie die Ackerbohne informieren kann.

Vorwort

Legumes Translated (Translating knowledge for legume-based farming for feed and food systems) ist ein internationales Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das von der Europäischen Union im Rahmen des Programms Horizont 2020 unter der Finanzhilfevereinbarung Nr. 817634 finanziert wird. Das Forschungskonsortium Legumes Translated umfasst 17 Partner in neun Ländern. Es zielt darauf ab, Forschung mit Innovation für die Entwicklung von Anbausystemen und Wertschöpfungsketten zu verbinden, die Leguminosen unterstützen.

Die Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall (BESH) wurde 1988 von Rudolf Bühler und acht Bauern als Selbsthilfeinitiative zur Rettung der vom Aussterben bedrohten Schweinerasse „Schwäbisch-Hällisches Landschwein" gegründet und wirkt seither als Träger der ländlichen Regionalentwicklung der Region Hohenlohe. Das Aussterben der regionalen Schweinerasse konnte durch diesen Zusammenschluss und einer wachsenden Zahl an Mitgliedsbetrieben verhindert werden. Heute werden unter hohen Qualitätsstandards Schwäbisch-Hällische Landschweine gezüchtet und gemästet. Hierbei verzichten die Mitgliedsbetriebe von Beginn an auf den Einsatz von gentechnisch veränderten Futtermitteln und bevorzugen die Regionalität bei der Fütterung. Die verwendete Soja wird ausschließlich über Donausoja bezogen. Um den Anbau von heimischen Körnerleguminosen voranzubringen und den heimischen Anbau von heimischen Körnerleguminosen zu fördern, unterstützt die BESH auch das EU-Projekt Legumes Translated als starker Partner im Bereich Schweineproduktion.

Die Schweineproduktion ist momentan noch stark abhängig von Sojaimporten. Aufgrund des ernährungsphysiologischen Vorteils von Soja gegenüber anderen Proteinquellen ist es oft schwierig eine Alternative in der Fütterung zu finden. Gleichzeitig bevorzugen die Verbraucher zunehmend regionale statt globale Produktionsketten und der Sojaanbau in Drittländern gerät hinsichtlich Anbaubedingungen und geltenden Sozialstandards in den Fokus der Öffentlichkeit. Bei gleichzeitig stark steigenden Sojapreisen und fallenden Preisen für Schweinefleisch, geraten immer mehr Erzeuger in eine Preisfalle. Diese Hürden bieten eine Chance, die verstärkte Produktion von regional angebauten Proteinquellen für die Schweinefleischproduktion voranzutreiben.

Sarah Wochner und Isabella Munder
Wolpertshausen, Deutschland
15. März 2022

Eiweißversorgung in Deutschland

Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft hat für das Wirtschaftsjahr 2019/2020 erstmals die Herkunft und Menge des in Deutschland verfütterten Eiweißes (Rohprotein) in einer Bilanz zusammengestellt. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf die in Deutschland seit langem herrschende Eiweißlücke ziehen. Diese Eiweißlücke entspricht dem Anteil des importierten Futters am Gesamtfutteraufkommen, umgerechnet in den Proteingehalt. Dabei zeigt sich, dass 75% des Gesamtfutteraufkommens (bezogen auf den Rohproteingehalt) aus dem Inland stammen und 25% zur Deckung des Eiweißbedarfes importiert werden müssen.

Nachdem der Anbau von Eiweißpflanzen in Deutschland einige Jahre immer weiter gesunken ist, hat sich die Regierung eine Erhöhung der Inlandsproduktion von heimischen Proteinquellen zum Ziel gesetzt. Dabei möchte die Eiweißpflanzenstrategie des BMEL (EPS) die Wettbewerbsnachteile heimischer Eiweißpflanzen verringern, bestehende Wissenslücken durch Forschung schließen und Anbaumaßnahmen in der Praxis erproben und fördern.

Seit dem Jahre 2014 werden daher im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik 30% der Direktzahlungen über eine Greeningprämie entrichtet. In Abhängigkeit der Betriebsgröße sind hierbei Maßnahmen wie die Anbaudiversifizierung, der Erhalt von Dauergrünland, sowie das Erbringen von ökologischen Vorrangflächen (ÖVF) verpflichtend. Betriebe mit einer Größe über 15 Hektar müssen auf 5% der Fläche besondere Natur- oder Biodiversitätsmaßnahmen als eine solche ökologische Vorrangfläche bereitstellen. Als ökologische Vorrangfläche zählen neben Hecken, Brachen und Zwischenfrüchten auch der Anbau von Körnerleguminosen und anderen stickstoffbindenden Pflanzen. Eine Übersicht der zulässigen Eiweißkulturen findet sich hier: 2014-12-02 Anlage 4 - zulässige Arten stickstoffbindende Pflanzen (landwirtschaft-bw.de)

Diese politisch gesetzten Anreizsysteme des Greenings, sowie weitere Agrarumweltmaßnahmen einzelner Bundesländer, machten den Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland wieder wirtschaftlich attraktiver. In der neuen Förderperiode sieht die Agrarpolitik im Rahmen der neuen Öko-Regelung ab dem Jahre 2023 eine finanzielle Unterstützung von 30 Euro pro Hektar vor, wenn ein Landwirt mindestens fünf Hauptfruchtarten im Ackerbau einschließlich des Anbaus von Leguminosen mit einem Mindestanteil von 10 Prozent auf seinen Flächen umsetzt.

Mit einem Beschluss der EU-Kommission wurde festgelegt, dass ab dem Jahre 2018 für ÖVF mit Leguminosenanbau als Hauptfrucht ein Pflanzenschutzmittelverbot von der Aussaat bis nach der Ernte gilt. Dieses EU-weite Verbot machte den wieder attraktiv gewordenen Leguminosenanbau unter Anrechnung als ÖVF wieder wirtschaftlich uninteressanter und war für viele Betriebe nicht mehr praktikabel.

Unabhängig von der wirtschaftlichen Rentabilität der Körnerleguminose als Hauptfrucht, macht ihr Anbau auch aus betrieblicher Sicht durchaus Sinn. Phytosanitäre Gründe und die Auflockerung der Fruchtfolge, sowie die sehr gute Vorfruchtleistung sind schlagkräftige Argumente für den Anbau. Zudem steigt die Nachfrage nach GVO-freier und regionaler Fütterung. Importierte Eiweißfuttermittel wie Soja stehen mit ihren negativen ökologischen und sozialen Folgen in Drittländern hierzulande in der Kritik. Aber nicht nur als Tierfutter sind heimische Körnerleguminosen gefragt, mit der steigenden Anzahl einer sich

vegan/vegetarisch ernährenden Bevölkerung wächst auch der Markt für pflanzliche Proteinquellen in der Humanernährung.

Momentan übersteigt die Nachfrage das Angebot in Deutschland. Jedoch ist es bisher nur durch regionale Wertschöpfungsketten gelungen, stabile Vermarktungsstrukturen mit einem rentablen Erzeugerpreis zu etablieren. Ohne solche stabile Absatzwege ist der Landwirt auf zusätzliche Förderprogramme angewiesen.

Anbau von heimischen Körnererbsen im Kreis Schwäbisch Hall

Anbaufläche

Die Genossenschaft BAG Hohenlohe Reiffeisen eG ist ein bedeutender Ansprechpartner für die Landwirtschaft in der Region Hohenlohe und Ostalb. Sie erfasst und vermarktet landwirtschaftliche Erzeugnisse und kann auf Grund ihres sehr großen Einzugsgebietes im Raum Hohenlohe über ihre Saatgutverkäufe fundierte Rückschlüsse auf das Ausmaß des Körnerleguminosenanbaus in der Region geben.

Herr Färber, Leiter Ein- und Verkauf Landwirtschaft, stellt fest, dass mit steigenden Soja- und Stickstoffpreisen und verschärfter Düngeverordnung das Interesse der Landwirte an Körnerleguminosen steigt. Klarer Faktor sei hier die dadurch steigende Wirtschaftlichkeit des Anbaus der Leguminosen.

Für das Jahr 2022 wurden in der Region ca. 3,5 Tonnen Ackerbohnensaatgut bestellt, was einer Anbaufläche von ca. 20 ha entspricht. Zwar lasse sich die Ackerbohne gut in der Region anbauen, spiele aber eher eine untergeordnete Rolle. Ähnlich wie bei der Erbse sind die Erträge stark schwankend. Hier müsste züchterisch noch Einiges an Arbeit geleistet werden. Erbsen werden für 2022 zu 20 Tonnen bestellt, dies lässt auf eine geplante Anbaufläche von 80–100 ha schließen. Sowohl Erbsen als auch Ackerbohnen werden momentan überwiegend für den Eigengebrauch als Tierfutter produziert. Zu gering sind die angebauten Mengen, als dass Kraftfutterwerke an einer Verarbeitung interessiert wären.

Anders sieht es bei der Sojabohne aus. Diese wird im konventionellen Bereich dieses Jahr mit 50–100 ha und zu 15 ha in biologischem Anbau angebaut werden.

Als Newcomer gilt die Lupine, wurden vergangenes Jahr nur 4 t Saatgut bestellt, so sind es dieses Jahr schon 21 t Saatgut und damit voraussichtlich 80–100 ha Anbaufläche.

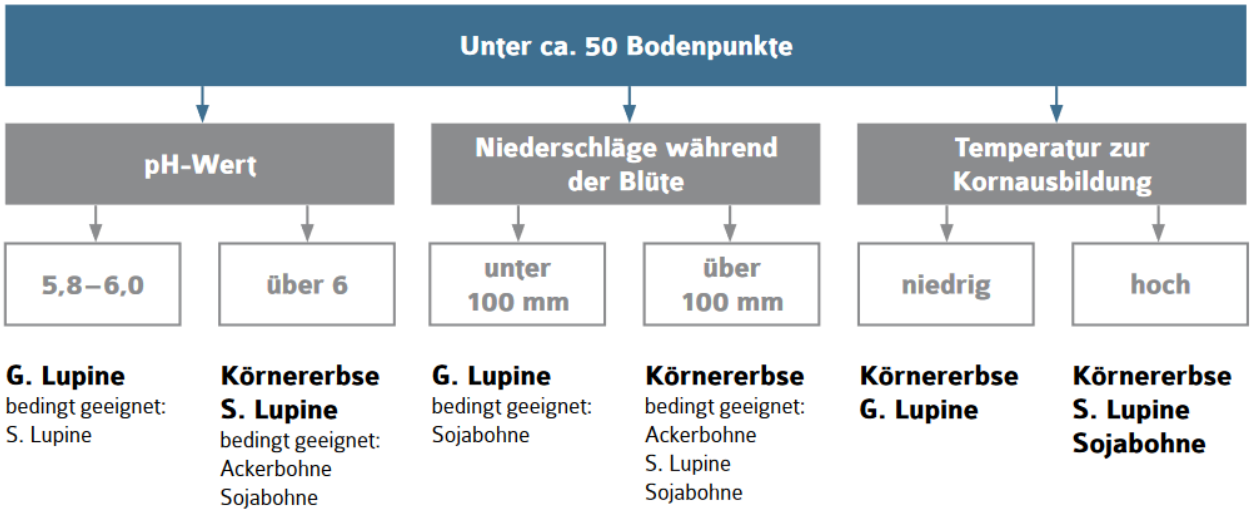
Anbauhinweise

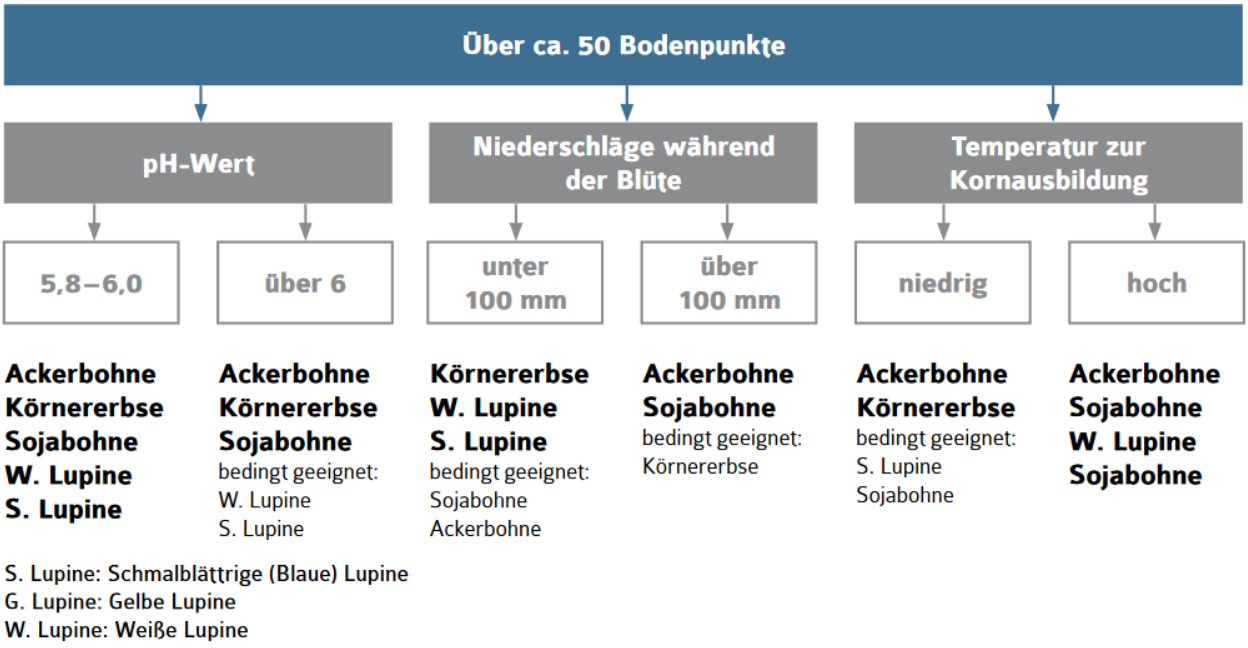
Die Furchtfolge beschreibt die zeitliche Abfolge der Nutzpflanzen, die auf einer landwirtschaftlichen genutzten Fläche angepflanzt werden. Durch einen Wechsel der Kulturarten lässt sich der Boden und die Pflanze gesund erhalten. Mit der Schaffung des FAKT Förderprogramms fünfgliedrige Fruchtfolge, integrieren seit 2013 immer mehr Landwirte Körnerleguminosen in ihre Fruchtfolge. Ungeschlagen bleibt hierbei der Anbau der Sojabohne, die mit den züchterisch am weitesten entwickelten Sorten und hohen Proteinerträgen die höchste Wirtschaftlichkeit erzielt. Jedoch bieten auch andere Körnerleguminosen überall dort Alternativen, wo der effektive Sojaanbau klimatisch nicht möglich ist. Ausschlaggebend sind hier die erzielten Erzeugerpreise, bzw. der Vorteil der Verwertung in der eigenen Fütterung. Neben wirtschaftlichen Kriterien spielen

anbautechnische Vorteile eine Rolle bei der Anbauentscheidung. Leguminosen sind in der Lage, Stickstoff (N) zu fixieren und Düngungen lassen sich dadurch einsparen. Auch der Boden verfügt nach dem Abräumen über eine gute Struktur. Das Auflockern der Fruchfolge und die Reduktion des Getreideanteils verringern den Krankheits- und Schädlingsdruck auf der Fläche.

Bei der Standortwahl profitieren alle Leguminosen von einem Standort mit geringem Unkrautdruck. Auch staunasse Böden sind ungeeignet und eine schnelle Erwärmung des Bodens ist bei allen Leguminosen vorteilhaft. Um die Ernte bei Erbse und Sojabohne zu erleichtern, sollten steinige Böden gemieden werden.

Mithilfe eines Entscheidungsbaumes, lassen sich geeignete Leguminosen für den jeweiligen Standort ermitteln. Hierbei stützt sich dieser auf die jeweils erzielten Bodenpunkte des Standortes. Die Bodenpunkte sind als Index ein Hilfmittel, um die Qualität einer Ackerfläche zu bewerten. Die Bodenpunkte setzen sich zusammen aus der Bodenzahl, welche sich je aus Bodenart, Ausgangsgestein und Zustandsstufe der Böden zusammensetzt, sowie Zu- und Abschläge abhängig von Faktoren wie Klima oder ausgewählter Landschaftsmerkmale.





S. Lupine: Schmalblättrige (Blaue) Lupine
G. Lupine: Gelbe Lupine
W. Lupine: Weiße Lupine

Abb. 1: Entscheidungsbaum für den Anbau von Körnerleguminosen (nach G. Völkel & W. Vogt-Kaute 2013)

Körnerleguminosen sind weitestgehend selbstunverträglich. Im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes ist eine angepasste Fruchtfolge empfehlenswert. Als Vorfrucht eignen sich Wintergetreide. Um die Effektivität der Stickstofffixierung zu erhöhen, sollte der Boden nach der Vorfrucht nur noch geringe Anteile an Stickstoff enthalten. Dies fördert zudem die Konkurrenzkraft gegen Unkräuter. Nach Ernte der Leguminose sollte der Boden entweder durch eine überwinternde Zwischenfrucht bedeckt bleiben oder direkt eine Winterung angebaut werden. Dies lässt Stickstoffabtrag vermeiden.

Tab. 1: Anbaupausen der Körnerleguminosen, (G. Völkel & W. Vogt-Kaute 2013)

Folgende Leguminose / Vorfrucht-leguminose	Ackerbohne	Körnererbse	Sojabohne	Lupinenarten
Ackerbohne	4–5 Jahre	4–6 Jahre	3–4 Jahre	4–5 Jahre
Körnererbse	4–6 Jahre	6–9 Jahre*	3–4 Jahre	6–9 Jahre
Sojabohne	3–4 Jahre	3–4 Jahre	2–3 Jahre	3–4 Jahre
Lupinenarten	4–5 Jahre	6–9 Jahre	3–4 Jahre	4–5 Jahre
Rotklee, Luzerne	2–4 Jahre	3–5 Jahre	2–4 Jahre	2–4 Jahre
Weiß-,Gelb-, und Schwedenklee	2–4 Jahre	2–4 Jahre	2–4 Jahre	2–4 Jahre

*buntblühende Sorten 5–7 Jahre

Eine sehr umfangreiche Anbauempfehlung zu den verschiedenen Körnerleguminosen findet sich unter: 2020_10_01_Ware_PSM-Leitlinie-Körnerleguminosen_Anl-LL.pdf (raiffeisen.de)

Anbauempfehlungen speziell für die Kultur Erbse:

- Anbauanleitung: Körnererbse (landwirtschaft-bw.de)
- Sortenratgeber: Sortenratgeber 2022 Körnerlegumniosen - Futtererbsen und Ackerbohnen (landwirtschaft-bw.de)

Wirtschaftlichkeit des Anbaus

Eine wissenschaftliche Untersuchung des Demonstrationsnetzwerks Erbse/Bohne zeigt auf, dass auch Erbsen und Ackerbohnen eine wirtschaftliche Alternative zu Weizen und Raps sein können. Zwischen 2016 und 2019 wurden hierzu auf konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben Daten erhoben und ausgewertet.

Wichtig ist zum einen den hohen Vorfruchtwert der Körnerleguminosen in eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit einzubeziehen. Ausschlaggebend sind aber auch das Erzielen angemessen hoher Erträge.

Bei der Erbse lagen die Erzeugerpreise über die Versuchsjahre bei konventioneller Ware zwischen 20 und 21 Euro/dt. Konventionell erzeugte Ackerbohnen konnten durch eine gesteigerte Nachfrage und trockenheitsbedingte niedrige Erträge einen Preisanstieg bis zu 24 Euro/dt verzeichnen. Ökologisch erzeugte Waren erbrachten bei der Erbse 35 bis 47 Euro/dt und bei der Ackerbohne 42 bis 47 Euro/dt.

Als wichtige Stellschraube zählt auch ein ebenso aufmerksamer Anbau und eine gute Vermarktungsstrategie, ähnlich der Hauptkulturen.

Als besonders lohnend stellte sich in der Berechnung die Verwendung von Ackerbohnen und Erbsen für die inner- oder zwischenbetriebliche Nutzung heraus. Zum Teil lag der errechnete Futterwert bei der Verfütterung konventioneller Körnerleguminosen aus Eigenanbau an die eigenen Nutztiere mit bis zu 10 Euro/dt über den am Markt erzielbaren Erzeugerpreisen.

Je nach Absatzweg lassen sich unterschiedlich hohe Preise am Markt erzielen. Generell können für Speiseware höhere Preise als für Futterware erzielt werden. Lohnend ist es schon vor Anbau Gespräche mit der aufnehmenden Hand zu führen. So können durch Lieferverträge schon vorab Konditionen geschaffen werden, die für alle Handelspartner zufriedenstellend sind. Auch das Nutzen von Online-Marktplätzen (siehe Kapitel Netzwerke zur Vermarktung) kann bei Warenabsatz hilfreich sein.

Berechnung der Wirtschaftlichkeit:

- https://www.demoneterbo.agrarpraxisforschung.de/index.php?id=82

Allgemeine Informationen zu Wirtschaftlichkeit und Verwertung:

- https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/betrieb/oekonomie/diversifizierung/ackerbohnen-und-erbsen-haben-potenzial/

- https://www.ble-medienservice.de/1308/erbsen-und-ackerbohnen-anbauen-und-verwerten?number=1308

Erfassung, Aufbereitung und Veredlung

In Baden-Württemberg gibt es hinsichtlich der Erfassung von Körnerleguminosen vor allem zwei Hauptakteure: die Genossenschaften ZG Raiffeisen eG (ZG) und das ehemalige Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG (KRZ), das nach der Fusion mit der AG Franken e. G. in Bad Friedrichshall und der LABAG Raiffeisen e. G. in Marbach als Agroa Raiffeisen eG bekannt ist. Nach Reinigung des Erntegutes werden die Körnerleguminosen zur Aufbereitung an ein Futterwerk übergeben. Für die ZG Raiffeisen eG übernimmt das Raiffeisen Kraftfutterwerk Kehl (RKW) die Aufbereitung, während die Mühle Ebert Dielheim GmbH in Kooperation mit dem Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG steht. Hierbei legen beide Futterwerke Wert auf Gentechnikfreiheit der Ware.

Ist die Weiterverarbeitung erfolgt, gehen die erzeugten Futtermittel entweder direkt an den Erzeuger zur eigenen Verfütterung zurück oder werden von Landwirten in der Region weiter vertrieben.

In einem Interview mit Siegmar Benz, Leiter der Agroa Raiffeisen eG (ehemaliges Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG) gibt er Einblicke in die Entwicklungen des Körnerleguminosenanbaus in Hohenlohe:

Wann begann das Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG verstärkt auf die Verarbeitung von Körnerleguminosen zu setzen?

Das Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG begann im Jahre 2012 mit dem Anbau von heimischen Sojabohnen. Dies geschah anlässlich des Agrarförderprogramms FAKT fünfgliedrige Furchtfolge. Durch die Zuschüsse und Hektarbeihilfen für die Landwirte wurde dadurch der Anbau von Körnerleguminosen gefördert. Bei der Wahl von attraktiven Körnerleguminosen kamen wir schnell auf die Sojabohne. Denn anders als im Norden, hat man in Süddeutschland teilweise gute Bedingungen zum Anbau und kann dem Motto folgen: „Wo Wein wächst, wächst auch Soja". Während man nördlich von Koblenz aufgrund des kälteren Klimas steigende Anbauflächen bei Erbse, Ackerbohne und Lupine verzeichnete, nahm das Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG. Zu Beginn 300 ha Sojaanbaufläche und 300 ha Erbsenanbaufläche unter Vertrag. Mit der Wahl der Sojabohne mussten wir uns aber auch sofort Gedanken zur Toastung des Erntegutes machen. Hier haben wir eine Kooperation mit Mühle Ebert/Diehlheim abgeschlossen. Diese bietet keine Trockentoastung per Röstung oder Mikrowellentoastung an, sondern benetzt die Bohne vorher mit angesäuertem Wasser und entbittert sie dadurch. Weitere Informationen zur Aufbereitung in der Mühle Ebert finden sich hier: https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/12/Soja-Toastanlage.pdf

Die Anbauflächen stiegen zu Beginn jährlich, bis zu den Straßburger Beschlüssen, bei welchen die FAKT-Prämie hinsichtlich der ÖVF-Flächen verschärft wurde. Leider sind dadurch die Anbauflächen der Erbse bei 300 ha pro Jahr geblieben. Sojabohne läuft inzwischen mit 1100 ha pro Jahr. Dazu kaufen wir noch von anderen Landhandels-betrieben und Genossenschaften Ware zu. In der Toastanlage gibt es eine größere Kapazität, welche noch nie ausgelastet wurde. Weitere Ware aus der Region ist gesucht.

Ist der Stillstand bei der Anbaufläche der Erbse lediglich auf die Verschärfung der FAKT-Maßnahmen zurückzuführen?

Die Erbse ist von der Pflanze her für den Futtermittelmann dahingehend ungünstiger, dass sie zu sehr im Proteingehalt streut und sich mit steigendem Ertrag leider linear mit den Inhaltsstoffen verdünnt. Das bedeutet, wenn wir eine normale Erbsenernte von 3,5–4 t/ha erzielen, dann verdient der Erzeuger wenig, aber ich habe mit 22% Protein eine schöne Proteinpflanze, wenn aber die Erbse in einem Jahr 5 t/ha Ertrag liefert, dann habe ich nur 18,8% Protein. Dies ist sehr ungünstig, denn dann brauchen wir deutlich mehr Erbse in der Rezeptur und sie verdrängt uns eine günstige Wintergerste oder ein anderes Getreide. Mit der getoasteten Sojabohne kann man dahingegen nahezu alles machen. Sie ist schmackhaft und liegt konstant bei 35–36% Protein, auch wenn sie wie im Erntejahr 2021 sehr schöne Erträge liefert. Auch züchterisch ist die Entwicklung bei der Erbse sehr gering. Dies mag durch den Tatbestand begründet sein, dass Leguminosen nicht als Hybridsaatgut vertrieben werden und damit nicht so gewinnbringend sind wie eine Neuzüchtung z.B. eines Maishybriden. In der Sojabohne zeigen sich züchterisch klare Vorteile.

Wie ist die Infrastruktur vom Anbau bis zum Absatz?

Vermarkter sind im Raum Hohenlohe genügend vorhanden: Zum einen gibt es zwei große Genossenschaften in Hohenlohe: die BAG Hohenlohe und die LBV Schrozberg. Außerdem gibt es noch sehr gute Landhandelsbetriebe, wie zum Beispiel Kochendörfer an der Jagst. Die Entscheidung zum Anbau von Körnerleguminosen als Hauptfrucht spielt sich beim Landwirt über den Preis ab. Bei Getreide und Soja sehen wir momentan eine schöne Aufwärtsbewegung. Schlussendlich muss der Landwirt über den Deckungsbeitrag die richtige Wahl treffen.

Nach dem Anbau ist vor allem bei der Sojabohne eine Aufbereitung unerlässlich. Im Südwesten gibt es vier Aufbereitungsanlagen für Sojabohnen. Zum einen die neu fusionierte Agroa Raifeissen eG, ehemals das Kraichgau Raiffeisen Zentrum eG, die ihre Körnerleguminosen in der Mühle Ebert aufbereiten lässt. Wurden früher auch die angelieferten Erbsen aufbereitet, um die Schmackhaftigkeit zu erhöhen und die Nährstoffe besser aufzuschlüsseln, so wird aufgrund mangelnder Nachfrage beim Kunden inzwischen darauf verzichtet.

Zudem gibt es das Raiffeisen Kraftfutterwerk Kehl GmbH, welches Körnerleguminosen zur Aufbereitung über die ZG Raiffeisen eG erhält. Innerhalb ihrer Mischfuttermittel-produktion ist das Erntegut und die Toastung integriert.

Des Weiteren gibt es zwei Lohntoaster mit fahrbaren Toastungsanlagen im Hohenlohekreis (Möhler Technik, Schöntal) und eine kleine kompakte Toastanlage in Affalterbach (Betrieb Thumm). Auch Mikrowellenkleinanlagen finden immer mehr Verbreitung.

Ob der Erzeuger schlussendlich sein Erntegut an ein Futterwerk gibt oder direkt auf dem Hof aufbereiten lässt, muss jeder Landwirt hinsichtlich der eigenen Ansprüche an den Aufschlussgrad des Futters für sich entscheiden. Zu Bedenken ist aber, dass man bei einem so hohen Erzeugerpreis für Soja bei 500 Euro pro Tonne, plus 60 Euro Toastzuschlag und Fracht, schnell bei Kosten von 600 Euro die Tonne ausgehen kann. Bei einem solch hohen Preis muss dann nachher im Futtertrog alles passen und darum sind wir sehr zufrieden mit der schonenden Aufbereitung in der hydrothermischen Anlage der Mühle Ebert, da die Qualität des Produktes dadurch optimal gewährleistet ist. Bei der Fütterung selbst aufbereiteter Ware sind immer Futtermittelanalysen zu empfehlen, um eine optimale Nährstoffversorgung der Tiere gewährleisten zu können.

Aus unserer Erfahrung werden getoastete Erbsen momentan nicht nachgefragt, weshalb wir uns ausschließlich auf die Toastung der Sojabohne konzentrieren.

Was wäre Ihre Empfehlung für Regionen, die keine Soja anbauen können?

Die Landwirte bewegen zurzeit verschiedene Aspekte und Rahmenbedingungen bei der Wahl einer geeigneten Fruchtfolge. Zum einen spielt die Düngebilanz im Bereich der Körnerleguminosen eine begünstigende Rolle. Denn baue ich eine Teilfläche Soja an, bei welcher ich keinen Stickstoff auf der Fläche benötige, so gewinne ich im Verhältnis zur Restfläche eine gute Abnahme für meine tierischen Düngemittel.

Die zweite Rahmenbedingung wird durch die neue Agrarpolitik gestaltet werden und ist abhängig von der Höhe der Zuschüsse für den Körnerleguminosenanbau.

Grundsätzlich würde ich die Soja auch in Grenzlagen anbauen. Dies muss jeder Landwirt selbst spüren. Gutes Beispiel findet sich in Kochersteinsfeld, entlang der Kocher. Hier bauen Legehennenbetriebe erfolgreich Soja an.

Jede Körnerleguminose ist in der Kulturfolge wichtig. Der Landwirt muss sich aber fragen, ob er das, was er auf dem Acker anbaut, auch in seine eigene Fütterung und seinem Stall schlau integrieren kann. Dann hat er eine breite Auswahl zwischen den Körnerleguminosen. Während man bei einem einzelnen Landwirt, welcher eine Arbeitsteilung anstrebt, die Körnerleguminose einer aufnehmenden Hand verkauft, so muss eine gewisse anzubietende Menge erreicht werden. So kann das Kraichgau Raiffeisen Zentrum nur ab einer Menge von über 1200 t/Jahr den Rohstoff verarbeiten. Da es sich um kein großes Mischfutterwerk handelt und nur 32 Rohstoffzellen verfügbar sind, muss jeder Rohstoff mit mindestens 100 t pro Monat in den Rezepturen eingemischt werden, weil sonst die Lagerkapazität ineffizient genutzt wird.

Darum nimmt Kraichgau Raiffeisen Zentrum momentan nur Soja und Erbse auf und strebt eine Erhöhung des Erbsenanteils an.

Wie erfolgreich ist Ihre Futtermischung Erbsofit? Mit einem Anteil von 60% Erbsen und 40% Soja ist das eine interessante Futtermischung:

Erbsofit wird leider momentan nicht verfüttert. Der Mehrwert der Erbse wurde nicht erkannt. Die Erbse wurde beim Kunden nicht zwingend nachgefragt und hat in der Mischung normales Getreide plus einen kleinen Teil an Soja verdrängt. Das Projekt ruht momentan, ein Interesse zur Wiederaufnahme besteht aber durchaus.

Besondere Vermarktungsstrukturen

Maßgeblich für eine Steigerung des Anbaus von heimischen Körnerleguminosen ist auch die Stabilität der regionalen Vermarktungsstrukturen. Initiativen wie der Verein Rheinische Ackerbohne e.V. engagieren sich seit 2017 für den Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette in der Tier- und Hummanernährung und zeigen, dass es mit entsprechender Vermarktung gelingen kann, stabile Absatzwege zu schaffen und die Verbraucher auf die Qualitäten der Ackerbohne aufmerksam zu machen. So werden mit dem Logo der Rheinischen Ackerbohne Eier, Milch- und Fleischprodukte sowie ein Brot mit 40% Ackerbohnenmehl durch fünf Bäckereiketten vermarktet.

Auch die Investition in ein Alleinstellungsmerkmal, zum Beispiel durch eine vielseitige, regionale Fütterung, kann sich bezahlt machen. Als sehr gutes regionales Beispiel dient

hier auch der von Herrn Andreas Müller in siebter Generation bewirtschaftete Familienbetrieb Müller Stiftsgrundhof GbR in Backnang. Auf dem Aussiedlerstandort leben insgesamt 800 Mastschweine in einem Maststall (Louisianastall, mit Lüftungsjalousien), sowie weitere 170 Muttersauen mit Ferkeln direkt an der alten Hofstelle. Von den Ferkeln werden ein Drittel verkauft, der Rest verbleibt zur Mast im Betrieb.

Die traditionsreiche Geschichte des Stiftsgrundhofes ist geprägt von stetigem Fortschritt. Auch Andreas Müller knüpfte an diese notwendige Entwicklung an und nahm vor fünf Jahren an einer Unternehmerschulung für Landwirte teil. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich die Gesetzeslage in der Schweinehaltung verschärft und der Betrieb fühlte sich in einer Preisfalle gefangen. Durch Schaffung eines Alleinstellungsmerkmales, nämlich ausschließliche regionale Fütterung und 10% mehr Platzangebot im Stall, konnte der Betrieb mit ausschließlich Metzgersvermarktung eine Preisunterkante festlegen und sich so vom teilweise sehr niedrigen Marktpreis für Schweinefleisch abkoppeln.

Das Futter für seine Tiere wird zu einem großen Teil auf dem eigenen Hof produziert. Im Ackerbau verfolgt Herr Müller die Ansätze der regenerativen Landwirtschaft. Dabei setzt der Betrieb bereits seit 40 Jahren auf vielfältige Zwischenfrüchte. Die immergrünen Ackerflächen regen den Hummusaufbau an und bestimmen die Fruchtfolge des Betriebs. Ganz nach dem Motto „Nicht bekämpfen sondern fördern und ins Gleichgewicht bringen ist das große Ziel" bewirtschaftet Herr Müller seine 100 Hektar Fläche mit Körnermais, Gerste, Winterweizen, Winterweizen mit Erbse, Winterroggen mit Erbse, Wicke, ote Beete, Soja und Luzerne. Da die Flächen nicht komplett zur Produktion des Futters ausreichen, wird Futter aus dem direkten Umfeld zugekauft. Um den Nährstoffbedürfnissen der verschiedenen Altersklassen der Schweine gerecht zu werden, setzt Herr Müller insgesamt elf Futtermischungen ein, welche mit der hofeigenen Mahl- und Mischanlage regelmäßig frisch gemischt werden. Dabei setzt er bewusst auf den Einsatz von vielfältigen Rationen mit erhöhtem Rohfaseranteil, um die Darmgesundheit seiner Tiere optimal zu unterstützen. Der gesamte Eiweißbedarf seiner Schweine wird mit heimischen Eiweißträgern wie Ackerbohne, Erbse, Rapskuchen und Sojabohnen gedeckt. Den Wert der Integration einer Vielzahl an Leguminosen sieht er klar in der Auflockerung der Fruchtfolge, dem Gewinn für die Folgekultur durch die Stickstoffanreicherung und dem zusätzlichen Qualitätsmerkmal seines Fleisches durch den Verzicht auf Importware.

Weitere Beispiele über den Einsatz von Leguminosen in der Schweinefütterung:

https://www.legumehub.eu/de/koernerleguminosen-in-der-fuetterung-von-nutztieren/schweine

Netzwerke zur Vermarktung

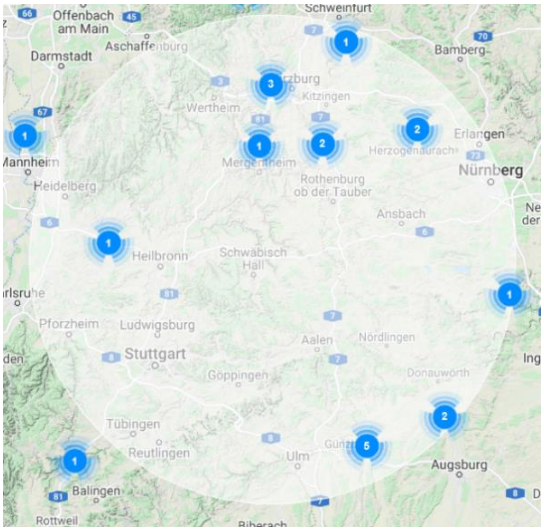


Abbildung 2. Netzwerke zur Vermarktung

In der Vergangenheit gab es erhebliche Schwierigkeiten, Vermarktungsbeziehungen aufzubauen, weil Erzeuger und Abnehmer nicht zueinander fanden. In einer großen Datenerhebung mit Daten des Deutschen Raiffeisenverbandes, des Bundesverbandes Agrarhandel und des Deutschen Verband Tiernahrung konnten zahlreiche Kontakt-adressen von Abnehmern identifiziert werden und in ein Online-Tool übertragen werden. Unter der Angabe der Postleitzahl ist es nun unter dem Link www.ufop.de/abnehmerkarte möglich, in einem angegebenen Radius nach den gewünschten Vermarktern von Körnerleguminosen zu suchen.

Auch um den Landkreis Schwäbisch Hall lassen sich so einige Vermarktungsstrukturen innerhalb eines Radius von 100 km finden. Die genauen Adressen finden sich im Anhang dieses Guides.

Weitere digitale Marktplätze für den Handel mit Leguminosen finden sich unter:

- https://www.demoneterbo.agrarpraxisforschung.de/index.php?id=112

Nährstoffansprüche in der Schweinefütterung

Allgemeine Fütterungsansprüche

Aufgrund des Aufbaus seines Verdauungssystems hat das Schwein hohe Ansprüche an die Versorgung mit Nährstoffen. Die Verdauung beim Schwein findet im Gegensatz zu einigen anderen Nutztierarten vorwiegend enzymatisch statt. Bakterielle Abbau- und Synthesevorgänge finden vor allem im hinteren Teil des Verdauungstraktes statt, weswegen die dabei entstandenen verdaulichen Nährstoffe für das Schwein kaum noch nutzbar sind. Da für rohfaserhaltige Futtermittel der bakterielle Abbau essentiell ist, kann beim Schwein Rohfaser nur in einem gewissen Umfang eingesetzt werden, wenn eine hohe Leistung erzielt werden soll. Den heutigen Leistungsansprüchen an das Schwein kann deshalb mit Raufutter nicht mehr nachgegangen werden, weshalb kaum auf solche Futtermittel zurückgegriffen wird. Der Hauptbestandteil einer Schweineration sind deshalb Getreide und Getreideprodukte jeglicher Art, um eine möglichst hohe Energie- und Nährstoffkonzentration zu erreichen. Da das Schwein allerdings auch hohe Ansprüche an die Proteinversorgung hat, müssen hochwertige rohproteinhaltige Futtermittel ergänzt werden. Allein eine ausreichende Rohproteinversorgung ist nicht ausreichend, es muss auch die Zufuhr der essentiellen Aminosäuren gedeckt werden, die für eine hohe Leistung der Tiere von hoher Bedeutung sind.

Für Mastschweine sind für eine erfolgreiche Haltung die Wachstumsrate, der Futteraufwand und die Schlachtleistung von großer Bedeutung und entscheiden über den wirtschaftlichen Erfolg des Betriebs. Der Umfang des Wachstums der Tiere bleibt aber nicht über den gesamten Mastzeitraum gleich, sondern verändert sich. Wo Tiere zu Beginn der Mast mit 30 kg noch eine hohe Wachstumsintensität haben, ist das Wachstumsvermögen zum Zeitpuntk des erreichten Schlachtgewichts von ca. 115 kg geringer. In der Zeit vom Beginn bis zum Ende der Mast verändert sich die Zusammensetzung des Körpers und ebenso ändert sich der Nährstoffbedarf. Das sogenannte allometrische Wachstum legt die Reihenfolge fest, in der sich im Schwein bestimmte Gewebe und Organe entwickeln. Allen voran steht das Knochenwachstum. Ist das Skelett ausreichend ausgebildet, liegt der Fokus auf dem Muskelwachstum und anschließend auf dem Fettansatz. Die Reihenfolge der sich bildenden Gewebe kann nicht geändert werden, jedoch kann ihre Ausprägung und Geschwindigkeit durch die Fütterung beeinflusst werden. In der Praxis wirkt sich das insofern auf die Fütterung aus, weil sich bei einer maximalen Energie- und Nährstoffversorgung eine schnelle Verfettung der Tiere einstellt. Ein hoher Fettgehalt ist vom Verbraucher allerdings nicht gewünscht, weswegen in der Endmast häufig rationiert gefüttert wird. Das bewirkt, dass der Schlachtkörper einen höheren Anteil an Muskelgewebe und einen niedrigeren Anteil an Fettgewebe aufweist. Neben der Fütterung spielt die Genetik der Tiere auch eine wichtige Rolle. Für die Ernährung von Mastschweinen ist das Prinzip des Wachstums Grundlage für die Gestaltung einer bedarfsgerechten Ration.

Soll der Bedarf des Mastschweins ermittelt werden, sind die Kenntnisse über die Höhe des Fett- und Proteinansatzes nötig.

Futterwert Erbse

Ernährungsphysiologisch kann die Erbse in zwei Teile gegliedert werden: die Hülle der Erbse, die reich an Nicht-Stärke-Polysacchariden ist, und der Kern oder Samen, der vorrangig Protein und Stärke, aber auch Asche, Fett und Zucker enthält (Castell und Guenther 1994). Die Erbse wird den Schweinen meist als Erbsenschrot verfüttert. Die Erbse weist als Futtermittel für Schweine in der Literatur Unterschiede in Bezug auf ihre Inhaltsstoffe in verschiedenen Sorten und Anbauregionen auf, weshalb keine einheitlichen und konstanten Inhaltsstoffe in der Rationsberechnung garantiert und somit genutzt werden können. Es bietet sich deshalb an, die eigens angebaute oder auch zugekaufte Erbse auf Inhaltsstoffe zu untersuchen und eine Ration passend zu den Eigenschaften der Erbse zu berechnen und damit den Bedarf der Tiere zu decken. Charakterisiert ist die Erbse durch ihren hohen Gehalt an Stärke und ihrem mittleren Gehalt an Rohprotein. Wichtig ist aber nicht nur der Gehalt an Rohprotein, sondern auch die Zusammensetzung der Aminosäuren, die für eine optimale Entwicklung der Tiere und eine hohe Leistung entscheidend sind. Der Gehalt an Lysin ist mit 7,2% am gesamten Rohprotein relativ hoch. Die Aminosäuren Methionin und Cystein nehmen im Durchschnitt nur 2,4% am Rohproteingehalt ein und sind damit als niedrig einzustufen, ebenso wie der niedrige Gehalt an Tryptophan. Die niedrigen Aminosäurengehalte sorgen dafür, dass Differenzen über andere Futtermittel oder freie Aminosäuren ausgeglichen werden müssen (UFOP-Praxisinformation 2004; Jezierny et al. 2010). Der Phosphorgehalt ist mit 3,2–4,2 g/kg vergleichsweise hoch, gleichzeitig gilt die Erbse aber mit einem Wert von 0,4–0,8 g/kg calciumarm (UFOP-Praxisinformation 2004). Durch die unterschiedlichen Inhaltsstoffe werden unterschiedliche Empfehlungen zum Einsatz von Erbsen gemacht. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2020) empfiehlt in der Anfangsmast maximal 20% und in der Endmast maximal 25% Erbsen in der Ration, die UFOP hingegen empfiehlt maximal

40% in der Ration (UFOP-Praxisinformation 2004). Der maximale Anteil von Erbsen in einer Ration ist durch antinutritive Faktoren (ANF) beeinflusst. Bei einem Erbsenanteil von 20–30% in der Ration konnten Einbußen in der Futteraufnahme und damit in den Masttagszunahmen verzeichnet werden. Das wurde mit dem ab dieser Menge Erbsen hohem Gehalt an ANF in Verbindung gebracht, auf die generell bei der Verfütterung an Schweine geachtet werden muss (Heinze und Rau 2016). Die antinutritiven Faktoren wie Tannine, Proteaseinhibitoren und Phytinsäure, hemmen die Futteraufnahme, Nährstoffverdaulichkeit, Stoffwechseltätigkeit und haben nachteilige Wirkungen auf die Gesundheit der Tiere (Zentek und Hellweg 2007). Es konnte festgestellt werden, dass weiß- und buntblühende Erbsen einen ähnlichen Anteil an Trypsininhibitoren aufweisen, bei Sommer- und Wintersorten verzeichnen die Wintererbsen einen höheren Anteil (Bastianelli et al. 1998; Pastuszewska et al. 2004; Urbatzka et al. 2011). Hohe Tanningehalte können vor allem in den Schalen von buntblühenden Erbsen und Wintersorten festgestellt werden (Bastianelli et al. 1998), welche durch Schälen reduziert werden können. Über eine thermische Behandlung der Erbsen können die negativen Effekte reduziert oder komplett beseitigt werden, sodass eine Verfütterung von Erbsen an Schweine möglich ist.

Fütterungsversuch

Für eine praktische Umsetzung der vielen Empfehlungen und die Überprüfung, ob für das Schwäbisch-Hällische Schwein eine Fütterung mit Erbsen geeignet ist, wurde ein Fütterungsversuch konzipiert und durchgeführt. Auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in Niederwinden – Rot am See wurde der Einsatz erbsenhaltiger Rationen am Schwäbisch-Hällischen Mastschwein getestet.

Material und Methoden

Die Tiere wurden auf dem schweinehaltenden Betrieb geboren, aufgezogen und gemästet. Der Betrieb liegt auf ca. 410 m über NN. Über den Zeitraum von Januar 2021 bis September 2021 wurde der Versuch durchgeführt. In dieser Zeit betrug die durchschnittliche Temperatur 10,2°C, mit einem Maximum von 32,6°C am 18.06.2021 und einem Minimum von -14,9°C am 11.02.2021. Über den neunmonatigen Versuchszeitraum lag der durchschnittliche Niederschlag bei 62,2 l/m² pro Monat (WetterKontor 2022).

Im Fütterungsversuch wurden 192 Kreuzungen Schwäbisch-Hällisches Schwein (Sau) x Piétrain (Eber) verwendet. Da der Betrieb in einem 3-Wochen-Rhythmus arbeitet, wurde ein ebenfalls dreiwöchiger Rhythmus für den Versuch als besonders vorteilhaft angesehen und für die Durchführung festgelegt. Alle drei Wochen fand aus diesem Grund die Einstallung in den Versuch sowie die regelmäßige Wiegung der Gruppen statt. Der Versuch verlief in vier Durchgängen.

Haltung

In jedem Durchgang wurden 48 Schweine eingestallt, wobei jeweils 24 der Versuchs- bzw. Kontrollgruppe zugewiesen wurden. Nachdem alle Tiere in den Versuch eingestallt waren, befanden sich 192 Mastschweine im Stall. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten im Maststall wurden die Versuchs- und die Kontrollgruppe in Gruppen von jeweils zwölf Tieren aufgeteilt. Zwölf Tiere einer Bucht lagen immer benachbart zur anderen Gruppe von zwölf Tieren der jeweiligen Versuchs- bzw. Kontrollgruppe. Die Tiere der benachbarten Buchten konnten Futter aus einem bzw. zwei Breiautomaten aufnehmen, der von beiden Buchten aus zugänglich war. Aus diesem Grund wurde keine Futteraufnahme des Einzeltiers aufgenommen. Da für den Versuch eine zweiphasige Mischung konzipiert wurde,

wechselten die Tiere ab einem Gewicht von 70 kg Lebendmasse den Stall. Die benachbarten Buchten lagen im zweiten Stall ebenfalls noch benachbart. Die Fütterung fand von Hand statt, wobei der Betriebsleiter die Automaten zweimal täglich befüllt hatte. Die Fütterung fand *ad libitum* statt. In Abbildung 1 ist sowohl die Zeichnung einer Bucht der Vormast als auch der Endmast zum besseren Verständnis eingefügt.

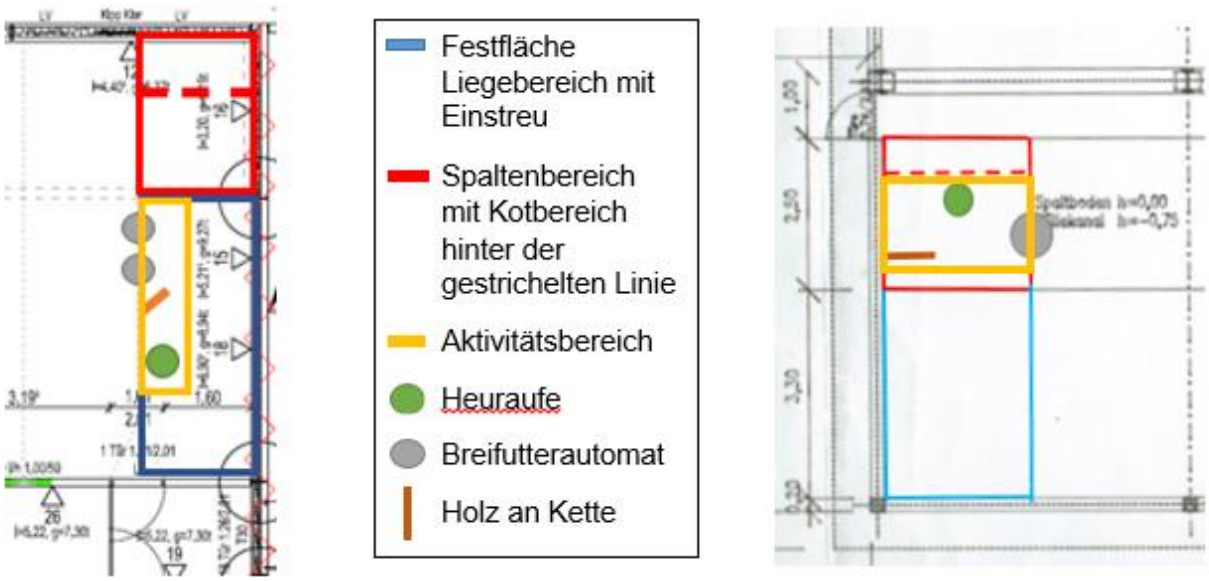


Abbildung 3: Buchtenstrukturierung Vormast (links) und Endmast (rechts)

Für die Vormast befanden sich die Tiere in einem Warmstall mit Teilspaltensystem und Schrägboden im Liegebereich. Die verfügbare mittlere Fläche lag pro Tier bei 1,3m². Im benachbarten Stallgebäude fand die Endmast statt, wo die jeweils zwölf Tiere ihre Gruppenzusammensetzung nicht wechselten und mit denselben Tieren benachbart blieben. Der Endmaststall war ein Kaltstall mit Teilspaltensystem und Schrägboden sowie Abdeckung im Liegebereich. Durch eine Verkleidung mit Holzlamellen an der Außenwand, kam es deshalb zu Außenklimareizen. Die Temperatur schwankte bei Versuchsbeginn bis zum Versuchsende im September deshalb nicht unerheblich im Endmaststall. In der Endmast hatte jedes Tier 1,2 m² Fläche zur Verfügung.

Fütterung

Für die Berechnung der Vormast- und Endmastmischung wurde das Programm HYBRIMIN Futter 5 (HYBRIMIN Computer + Programme GmbH & Co. KG, Deutschland) verwendet. Für tägliche Zunahmen von 800g und einem Energiegehalt im Futter von 13,4 MJ ME/kg wurde ab einem Startgewicht von 28 kg eine Vormastmischung berechnet. In der Endmast wurde für tägliche Zunahmen von 700g und einem Energiegehalt von 12,6 MJ ME/kg eine Ration berechnet. Ziel war es, die auf dem Betrieb vorhandenen Futterkomponenten zu verwenden. Zugekauft wurden Sojaextraktionsschrot (GVO-frei) (SES) und Erbsen, sowie Rapsöl und das Mineralfutter. Nachfolgend die berechneten Rationen.

Tabelle 2. Berechnete Rationen für die Versuchs- und Kontrollgruppe in der Vormast

Futterkomponente in %	Zielvorgaben	Vormast	
		Versuch	Kontrolle
Gerste		33,5	36,0
Körnermais		20,5	25,0
Roggen		9,0	9,0
Weizen		9,0	9,0
Erbsen		10,0	-
Sojaextraktionsschrot		13,5	16,5
Rapsöl		1,5	1,5
Mineralfutter		3,0	3,0
Inhaltsstoffe			
Trockenmasse %	88	88	88
MJ ME	13,4	13,2	13,3
Rohprotein %	18,5	15,95	15,73
Lysin %	1,08	1,16	1,10
Methionin %	0,32	0,31	0,31
Met.+Cys. %	0,65	0,57	0,58
Tryptophan %	0,22	0,18	0,18
Threonin %	0,72	0,69	0,68
Rohfaser %	4,0	3,90	3,73
Rohfett %		3,64	3,78
Rohasche %		5,43	5,43
Calcium %	0,84	0,69	0,69
Phosphor %	0,58	0,41	0,41
Phytase FTU		302	302
verd. Phosphor %	0,28	0,19	0,18
Magnesium %		0,2	0,20

Tabelle 3. Berechnete Rationen für die Versuchs- und Kontrollgruppe in der Endmast

Futterkomponente in %	Zielvorgaben	Endmast	
		Versuch	Kontrolle
Gerste		34,0	43,5
Körnermais		10,0	10,0
Roggen		10,0	10,0
Weizen		19,0	23,5
Erbsen		22,0	-
Sojaextraktionsschrot		2,0	9,5
Rapsöl		0,5	0,5
Mineralfutter		2,5	3,0
Inhaltsstoffe			
Trockenmasse %		88	88
MJ ME	12,60	13,00	13,00
Rohprotein %	14,50	14,32	14,37
Lysin %	0,76	0,99	0,95
Methionin %	0,23	0,26	0,29
Met.+Cys. %	0,46	0,49	0,54
Tryptophan %	0,15	0,15	0,16

Threonin %	0,51	0,59	0,59
Rohfaser %	4,00	3,96	3,70
Rohfett %		2,39	2,48
Rohasche %		4,74	5,29
Calcium %	0,57	0,57	0,69
Phosphor %	0,50	0,39	0,40
Phytase FTU		252	302
verd. Phosphor %	0,19	0,14	0,21
Magnesium %		0,18	0,20

Für die Versuchsgruppe wurde SES teilweise durch Erbsen ersetzt. Zur Orientierung wurden sowohl die Orientierungshilfe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2020) zur Futterberechnung für Schweine, als auch Erfahrungswerte aus der Fütterungsberatung des Landwirtschaftlichen Beratungsdienstes Schwäbisch Hall e.V. berücksichtigt. Anhand dieser Quellen kam ein Erbsenanteil in der Vormast von 10% und in der Endmast von 22% in der Versuchsgruppe zustande. Die Erbsen wurden von einem Landwirt aus Limbach-Wallhausen zugekauft und auf ihre Nährstoffe analysiert. Da Erbsen oftmals einen bitteren Geschmack durch antinutritive Faktoren aufweisen, wurden die Erbsen für den Versuch getoastet. Für die Toastung der Erbsen wurde die Dienstleistung einer mobilen Toastanlage auf dem landwirtschaftlichen Versuchsbetrieb in Niederwinden in Anspruch genommen. Alle Futtermittel wurden in einer Halle in direkter Nähe zum Maststall gelagert und vom Betriebsleiter selbst gemischt. Hierzu wurde die hofeigene mobile Mahl- und Mischanlage (Gehl, USA) verwendet. Die gemischten Rationen wurden in Bigbags abgefüllt und farblich markiert, damit es zu keiner Verwechslung kommen konnte. Sowohl von der Versuchs- als auch der Kontrollgruppe wurden Vormast- und Endmastmischung für eine Analyse der Inhaltsstoffe zur Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer (LUFA) geschickt. Bei der Fütterung von Hand wurde auf möglichst kurze Transportwege geachtet, um Futterverluste zu minimieren. Die gefressenen Mengen wurden am Ende der Mastperiode aufsummiert und in die Auswertung miteinbezogen. Aufgrund der gemeinsamen Futteraufnahme konnte nur ein Durchschnittswert für die Futteraufnahme pro Tier ermittelt werden.

Einteilung der Gruppen

Im 3-Wochen-Rhythmus wurden Ferkel aufgezogen, die in die Mast eingestallt werden konnten. Das Ziel war es, im Durchschnitt ca. 30 kg Lebendmasse zu erreichen. Bei der Einstallung wurden die Tiere gewogen und Geschlecht und Wurfnummer notiert. Die Wurfnummer ist die vom Betrieb zugeteilte Nummer für eine Sau. Um eine Verzerrung der Ergebnisse zu vermeiden, sollten die Wurfgeschwister möglichst gleichmäßig auf die Versuchs- und Kontrollgruppe verteilt werden. Bei der Einstallung in den Versuch waren die Ferkel mit der Wurfnummer in Form von nummerierten Ohrmarken markiert. Sowohl in den beiden Behandlungsgruppen sollten, zusätzlich zur Lebendmasse, das Verhältnis der Geschlechter und Wurfnummern möglichst ausgeglichen sein, als auch in den zwei Buchten innerhalb der Versuchs- und Kontrollgruppe. Nach Einteilung der Gruppen befanden sich weibliche und männliche kastrierte Tiere aus 38 Würfen im Versuch. Im Anschluss an die Gruppeneinteilung wurden die Tiere mit einer mechanischen Waage gewogen und mit einer elektronischen Ohrmarke markiert. Über ein Ohrmarkenlesegerät und die Software RumiSoft konnte sowohl eine tierindividuelle Nummer (CIC) zugewiesen, als auch ein Gewicht für jedes Tier eingetragen werden. Nach der Datenübertragung am PC konnte eine

Liste mit Ohrmarkennummer, CIC und Gewicht erstellt werden, die für die Auswertung übersichtlich gestaltet war.

Wiegung

Für die Ermittlung der Entwicklung des Lebendgewichts der Schweine wurde ein System für regelmäßige Wiegungen im 3-Wochen-Rhythmus ausgearbeitet. Diese Wiegungen dienten zur Ermittlung der Mastleistung sowie dem optimalen Zeitpunkt zum Umstallen in die Endmast und zum Ausstallen zur Schlachtung. Somit wurde jedes Tier zu Beginn der Mast mit ca. 30 kg, beim Umstallen in die Endmast mit ca. 70 kg, beim Ausstallen zum Schlachten und regelmäßig alle drei Wochen gewogen.

Anhand der im Stall erhobenen Daten wurden anschließend die täglichen Zunahmen errechnet, die sich aus der Differenz der aufsummierten absoluten Zunahmen und der Summe aller Masttage aller Tiere ergaben.

$$Tägliche\ Zunahmen\ = \frac{Absoluter\ Zuwachs\ aller\ Tiere\ in\ kg}{Masttage\ aller\ Tiere}$$

Die gesamte gefressene Menge Futter einer Gruppe wurde anteilig auf die Tiere anhand ihrer Anzahl an Masttagen umgerechnet.

$$Futteraufnahme\ pro\ Tier\ pro\ Tag\ = \frac{Gesamtfuttermenge\ in\ kg}{Summe\ der\ Masttage\ aller\ Tiere}$$

$$Gesamtfutteraufnahme\ pro\ Tier = Gefressene\ Menge\ pro\ Tag\ pro\ Tier\ in\ kg\ x\ Masttage$$

Anhand der Quotienten aus gefressener Menge Futter und absoluten Zunahmen über die Vormast, Endmast und gesamte Mast hinweg, konnte der Futteraufwand pro Tier für die jeweilige Mastphase berechnet werden.

$$Futteraufwand = \frac{Gesamtfutteraufnahme\ in\ kg}{Absoluter\ Zuwachs\ in\ kg}$$

Schlachtung und Fleischqualitätsanalyse

Für die Schlachtung war das Ziel, die Tiere mit dem Gewicht spezifisch für ihr Geschlecht auszustallen. Bei den Börgen war dabei ein Lebendgewicht von 110 kg und bei den Sauen ein Gewicht von 125 kg zu erreichen. Zusätzlich zur Ohrmarke wurde jedem Schwein eine zusätzliche Nummer über einen Schlagstempel vergeben, falls die Ohrmarke während des Schlachtprozesses verloren gehen sollte. Nach der Vorbereitung der Schlachttiere im Stall wurden die Tiere an den Erzeugerschlachthof in Schwäbisch Hall transportiert, wo alle Tiere des Versuchs geschlachtet wurden. Geschlachtet wurden insgesamt 186 Mastschweine. Standardmäßig wurde das warme Schlachtgewicht erfasst und die Klassifizierung des Schlachtkörpers mit Magerfleischanteil, Speckmaß und Fleischmaß durchgeführt. 45 Minuten nach der Schlachtung wurde der pH-Wert (pH_{45}) *post mortem (p.m.)* in Kotelett und Schinken gemessen. Die Schlachtdaten wurden im alltäglichen Prozess automatisch erfasst und für insgesamt 178 Tiere im Versuch erhoben. 24 Stunden *p.m.* erfolgte die Fleischqualitätsanalyse im Kühlraum.

24 Stunden *p.m.* wurde erst die Temperatur im Schinken gemessen (n=170). Für den pH-Wert 24 Stunden *p.m.* im Schinken ($pH_{24}S$) wurde ebenso verfahren. Für den pH_{24} im Kotelett ($pH_{24}K$) wurde der Einstich der Messelektrode zwischen dem 13. und 14. Dornfortsatz gesetzt. Die elektrische Leitfähigkeit wurde zwischen 12. und 13. Dornfortsatz gemessen. Bei der Zählung der Dornfortsätze wurden die Halswirbel berücksichtigt. Mit Hilfe eines Maßbandes wurde die Schlachtkörperlänge vom ersten Halswirbel bis zum Schlossknochen ermittelt. Für die Messungen im Labor wurde ein Teilstück aus dem Schlachtkörper entnommen, wofür der Abschnitt vom 12. bis zum 14. Dornfortsatz diente. Die dabei entstehende Probe, die den *musculus longissimus dorsi* enthielt, wurde ins Labor gebracht (n=169).

Im Labor des Erzeugerschlachthofs in Schwäbisch Hall wurde im ersten Schritt die Probe für die Ermittlung des Tropfsaftverlusts (TSV) vorbereitet. Hierfür wurden der Rückenspeck und kleine Muskelpartien entfernt, sodass eine ca. 3 cm hohe Scheibe des *musculus longissimus dorsi* übrig blieb. Die vorbereiteten Fleischproben wurden für die Bestimmung des TSV gewogen und auf einem Gitter platziert. An den vorliegenden Proben wurde anschließend die Fleischhelligkeit (OPTO) gemessen (n=122). Im Anschluss wurde das Gitter mit einem Plastikbeutel umschlossen und 24 Stunden im Kühlschrank gelagert. Die übrig gebliebenen Rückenspeckstücke wurden zurück in die beschrifteten Beutel gelegt und in einer Tiefkühltruhe eingefroren.

24 Stunden nach der Verbringung in den Kühlschrank wurden die Proben wieder entnommen, die Fleischstücke mit einem Papiertuch trocken getupft und anschließend erneut gewogen. Anhand der Ein- und Rückwaage konnte der TSV mit der folgenden Formel berechnet werden (n=169):

$$TSV\,\% = \frac{Rückwaage\ in\ g - Einwaage\ in\ g}{Rückwaage\ in\ g}\ x100$$

Die Fleischproben wurden anschließend in einem Mixer homogenisiert. Die dabei entstandene Fleischmasse wurde zur Bestimmung des intramuskulären Fettgehalts (IMF) verwendet (n=169).

An der Landesanstalt für Schweinzucht in Boxberg wurden die eingefrorenen Rückenspeckproben auf ihr Fettsäuremuster hin untersucht. Die Fettsäurenzusammensetzung wurde bei 169 Fettproben gemessen.

Ergebnis

Für den Versuch wurde bei allen Tieren alle angewendeten Maßnahmen einheitlich gehandhabt. Aufgrund unvorhergesehener Zwischenfälle konnte nicht jede Behandlung bei allen Tieren durchgeführt werden. Insgesamt sind während der Mast sechs Tiere aufgrund unterschiedlicher Gründe verendet, die alle der Kontrollgruppe angehörten. An einem der Schlachttage wurden aus dem dritten und vierten Durchgang aus Kontroll- sowie Versuchsgruppe 16 Schweine fälschlicherweise zerlegt und konnten nicht vollständig in die Auswertung miteinbezogen werden. Ebenso fiel ein Schwein aus der Auswertung, weil durch den Schlachtprozess nicht mehr alle Messungen am Schlachtkörper möglich waren. Bei 48 Tieren konnte keine Fleischhelligkeit aufgrund eines technischen Defekts gemessen werden.

Futteranalyse

Für die Analyse der Inhaltsstoffe der Mastmischungen und der Erbsen wurden die gezogenen Proben zur LUFA nach Speyer verschickt. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 4. Analyse der Inhaltsstoffe der Erbsen, Vormast- und Endmastrationen der Versuchs- und Kontrollgruppe

	Erbse		Vormast		Endmast	
	ungetoastet	getoastet	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
Wasser %	10,0	8,9	12,0	12,8	13,2	13,3
Rohprotein %	20,5	20,5	16,6	17,0	13,8	14,9
Rohfett %	-	-	3,3	3,6	2,9	2,7
Rohfaser %	5,3	4,3	2,7	2,6	3,3	2,9
Rohasche %	3,1	3,1	5,3	5,0	3,2	4,7
Stärke %	46,3	46,5	43,0	42,8	48,7	44,8
Energie (ME) MJ/	13,7	14,0	13,6	13,6	13,4	13,2
Tryptophan %	0,19	0,19	0,17	0,18	0,14	0,14
Lysin %	1,53	1,55	1,19	1,14	0,97	0,94
Methionin %	0,20	0,21	0,25	0,26	0,19	0,21
Cystein %	0,31	0,31	0,31	0,32	0,29	0,28
Threonin %	0,79	0,80	0,70	0,69	0,55	0,53

Die Erbsen wiesen in der getoasteten Form weniger Rohfaser und mehr Energie auf als in der unbehandelten Ursprungsform. Wie in Tabelle 3 ersichtlich wird, lag der Rohproteingehalt in beiden Phasen der Mast in der Kontrollgruppe höher als in der Versuchsgruppe. Der Lysingehalt lag in der Versuchsgruppe aber dennoch etwas höher als in der Kontrollgruppe. In der Endmastphase lassen sich Unterschiede im Aschegehalt und der Stärke zwischen den beiden Behandlungen erkennen. Über die Rationen hinweg sind geringe Unterschiede erkennbar, jedoch sind die Rationen sehr ähnlich in ihren Inhaltsstoffen.

Ebenso wurde die Fettsäurenzusammensetzung der Futtermischungen von der LUFA untersucht (Tabelle 4).

Tabelle 5. Analyse der Fettsäurenzusammensetzung der Vormast- und Endmastrationen der Versuchs- und Kontrollgruppe

	Vormast		Endmast	
	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
	% der Summe der Fettsäuren			
Gesättigte Fettsäuren	16,8	16,3	16,7	18,0
Einfach ungesättigte Fettsäuren	43,2	42,9	35,4	31,9
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	39,3	40,0	47,4	49,7
Konjugierte Linolsäure-Isomere	1,8	1,6	2,5	1,9
Trans-Fettsäuren	0,3	0,3	0,3	0,3

Omega-3 Fettsäuren	3,7	3,7	4,6	3,8
Omega-6 Fettsäuren	33,6	34,5	40,1	43,6
Omega-9 Fettsäuren	40,4	40,1	33,1	29,8

Deutliche Unterschiede sind vor allem zwischen Rationen der Endmast zu sehen, in der die Rezepturunterschiede größer und der Gehalt an Erbsen höher war. Der Anteil an gesättigten Fettsäuren lag in der Endmast in der Versuchsgruppe deutlich unter der der Kontrollgruppe. Im Gegensatz hierzu war der Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) höher in der Versuchsgruppe. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) fiel zugunsten der Kontrollgruppe aus.

Mastleistungsdaten

Eingestallt wurden die vier Durchgänge in einem dreiwöchigen Abstand. Das mittlere Lebendgewicht der Versuchsgruppe lag am Tag des Mastbeginns bei 30,0 ± 4,58 kg, die Kontrollgruppe mit einem mittleren Lebendgewicht von 29,2 ± 6,03 kg knapp darunter. Aufgrund der wenigen vorhandenen Tiere, die zur Auswahl für den Versuch standen, war die Streuung um den Mittelwert relativ hoch. Das leichteste Tier wog beim Einstallen 21,0 kg aus der Versuchsgruppe bzw. 19,0 kg aus der Kontrollgruppe. Die schwersten Tiere lagen bei 45,0 kg in der Versuchsgruppe bzw. 44,0 kg Lebendgewicht in der Kontrollgruppe. Die geplante Umstallung in den Endmaststall wurde bei einem Gewicht von 70,0 kg Körpermasse angestrebt. Die Umstallung fand in der Versuchsgruppe bei 73,6 ± 8,55 kg Lebendmasse statt, in der Kontrollgruppe bei 73,1 ± 9,21 kg. Somit konnte mit einer kleinen Abweichung nach oben trotzdem die Erwartung an die berechneten Mischungen mit dem vorgesehenen Gewicht von 70,0 kg erfüllt werden. Den Stall verließ die Versuchsgruppe im Schnitt mit 116 ± 8,6 kg zur Schlachtung, wobei die weiblichen Tiere ein mittleres Gewicht von 123 ± 7,7 kg und die männlichen Tiere 110 ± 3,6 kg aufwiesen. Die Kontrollgruppe ging mit 116 ± 8,9 kg im Durchschnitt zum Schlachten, wobei die weiblichen Tiere ein Lebendgewicht von 122 ± 7,9 kg und die männlichen Tiere 110 ± 3,7 kg aufwiesen. Das angestrebte Lebendgewicht der Börgen von 110 kg konnte erreicht werden. Das Lebendgewicht der Sauen von 125 kg wurde leicht unterschritten. Dennoch befanden sich die Tiere in einem akzeptablen Bereich und fielen, bis auf wenige Ausnahmen, immer in die Abrechnungsmaske des Schlachthofs Schwäbisch Hall.

Die im 3-Wochen-Rhythmus stattfindende Wiegung aller Tiere hat dazu geführt, dass jeder Durchgang bis zu sieben Wiegezeitpunkte über die gesamte Mast hinweg hatte. Innerhalb der Gruppen gab es allerdings Tiere, die aufgrund des erreichten Zielgewichts schon früher ausgestallt wurden und deshalb teilweise nur vier der routinemäßig vorgesehenen Wiegungen mitmachten. Im Mittel verbrachten die Mastschweine aus der Versuchsgruppe 111 ± 16,2 Tage in der Mast, die Kontrollgruppe mit 110 ± 23,8 Tagen etwas weniger. Es ergaben sich tägliche Zunahmen von 789 ± 78,1 g für die Versuchsgruppe und 768 ± 98,6 g für die Kontrollgruppe. In Abbildung 2 ist der Gesamtverlauf der täglichen Zunahmen über die Mast dargestellt. Die täglichen Zunahmen verlaufen in einer typischen Form für die Schweinemast.

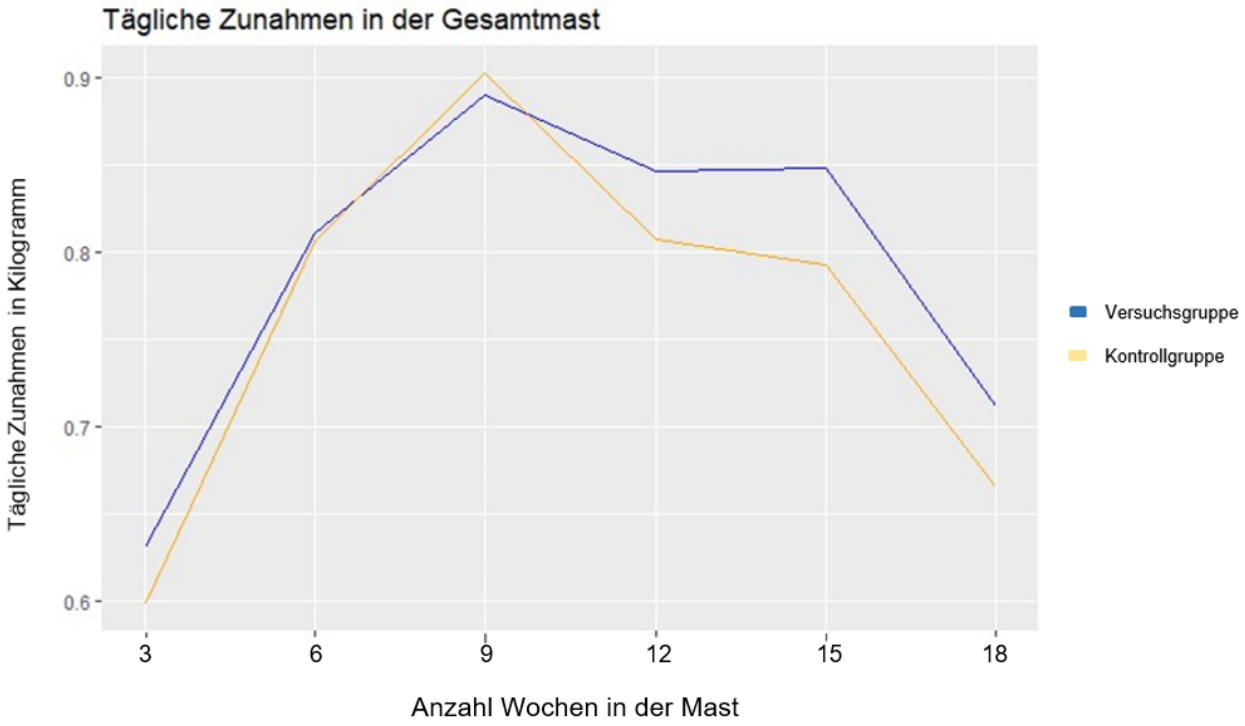


Abbildung 3. Mittlere tägliche Zunahmen der Versuchs- und Kontrollgruppe im gesamten Mastverlauf

Anhand der Futteraufnahme über die gesamte Mast hinweg wurde anschließend der Futteraufwand berechnet. Für die Versuchsgruppe lag die mittlere Futteraufnahme pro Tier für die gesamte Mast bei 271 ± 45,4 kg und in der Kontrollgruppe bei 250 ± 61,8 kg (p=0,009). Bei der Futteraufnahme konnten in der Vormast ebenfalls signifikante Unterschiede erzielt werden, in der Endmast waren die Mittelwerte nicht signifikant unterschiedlich. Betrachtet man die Futteraufnahme pro Tag pro Schwein, sind sowohl Vormast als auch Endmast zwischen den Behandlungen signifikant unterschiedlich. Ebenso über die gesamte Mast hinweg. Das durchschnittliche Schwein aus der Versuchsgruppe fraß 2,44 ± 0,113 kg und das aus der Kontrollgruppe 2,26 ± 0,177 kg Futter pro Tag. Aus diesem Grund konnten beim Futteraufwand ebenso signifikante Ergebnisse festgestellt werden. Diese Unterschiede konnten aber nur in der Endmast und in der Gesamtmast beobachtet werden. Über die gesamte Mast hinweg betrug der Futteraufwand 3,11 ± 0,373 kg pro kg Lebendmassezuwachs in der Versuchsgruppe, die Kontrollgruppe fiel mit 2,98 ± 0,494 kg gefressenes Futter pro kg Lebendmassezuwachs darunter. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Mast dargestellt.

Tabelle 6. Mastleistungen der Versuchs- und Kontrollgruppe pro Tier (Mittelwert, Standardabweichung und p-Wert)

	Phase	Versuch	Kontrolle	p-Wert
Absolute Zunahmen in kg	Gesamtmast	86,8 ± 9,00	84,6 ± 16,70	0,269
Masttage	Vormast	57,3 ± 1,09	57,3 ± 7,09	0,932
	Endmast	53,9 ± 16,22	55,0 ± 18,21	0,656
	Gesamtmast	111 ± 16,2	111 ± 23,8	0,853

Tägliche Zunahmen in g	Vormast	766 ± 111,5	750 ± 115,6	0,332
	Endmast	805 ± 109,3	786 ± 103,9	0,228
	Gesamtmast	789 ± 78,1	768 ± 98,6	0,111
Gesamtfutteraufnahme in kg	Gesamtmast	271 ± 45,4	250 ± 61,8	0,009
Futteraufnahme kg/Tag	Vormast	2,08 ± 0,140	1,99 ± 0,114	<0,001
	Endmast	2,82 ± 0,234	2,57 ± 0,397	<0,001
	Gesamtmast	2,44 ± 0,113	2,26 ± 0,177	<0,001
Futteraufwand	Vormast	2,77 ± 0,452	2,72 ± 0,469	0,528
	Endmast	3,57 ± 0,572	3,32 ± 0,691	0,009
	Gesamtmast	3,11 ± 0,373	2,98 ± 0,494	0,037

Schlachtung und Fleischqualitätsanalyse

Standardmäßig wurden im Schlachthof in Schwäbisch Hall die Merkmale Schlachtgewicht, $pH_{45}K$ und $pH_{45}S$, Fleischmaß, Speckmaß und Magerfleischanteil (MFA) gemessen (Tabelle 6).

Tabelle 7. Ergebnisse der erhobenen Schlachtdaten der Versuchs- und Kontrollgruppe (Mittelwert, Standardabweichung und p-Wert)

	Versuch	Kontrolle	p-Wert
Schlachtgewicht in kg	90,7 ± 6,78	90,3 ± 6,81	0,693
Fleischmaß in mm	64,1 ± 5,60	64,5 ± 6,28	0,610
Speckmaß in mm	16,8 ± 3,05	16,6 ± 2,69	0,655
Magerfleischanteil in %	57,1 ± 3,08	57,3 ± 2,91	0,652
pH-Wert$_{45}$ Kotelett	6,38 ± 0,191	6,36 ± 0,178	0,599
pH-Wert$_{45}$ Schinken	6,52 ± 0,217	6,50 ± 0,228	0,618

Da die Mastschweine nicht nach einer vorgegebenen Zeit, sondern mit ihrem Zielgewicht ausgestallt wurden, sind hier keine signifikanten Unterschiede sichtbar. Der Ausschlachtungsgrad lag im Durchschnitt bei ungefähr 78%. Die Kontrollgruppe wies ein etwas niedrigeres Speckmaß als die Versuchsgruppe von auf. Das Fleischmaß war hingegen in der Kontrollgruppe höher. Der pH_{45} in Kotelett und Schinken lagen in der Versuchsgruppe etwas höher als in der Kontrollgruppe. Wie in den vorigen Merkmalen beschrieben, wies auch der Magerfleischanteil keine signifikanten Unterschiede auf. In Abbildung 3 ist die Verteilung der Handelsklassen aufgeführt.

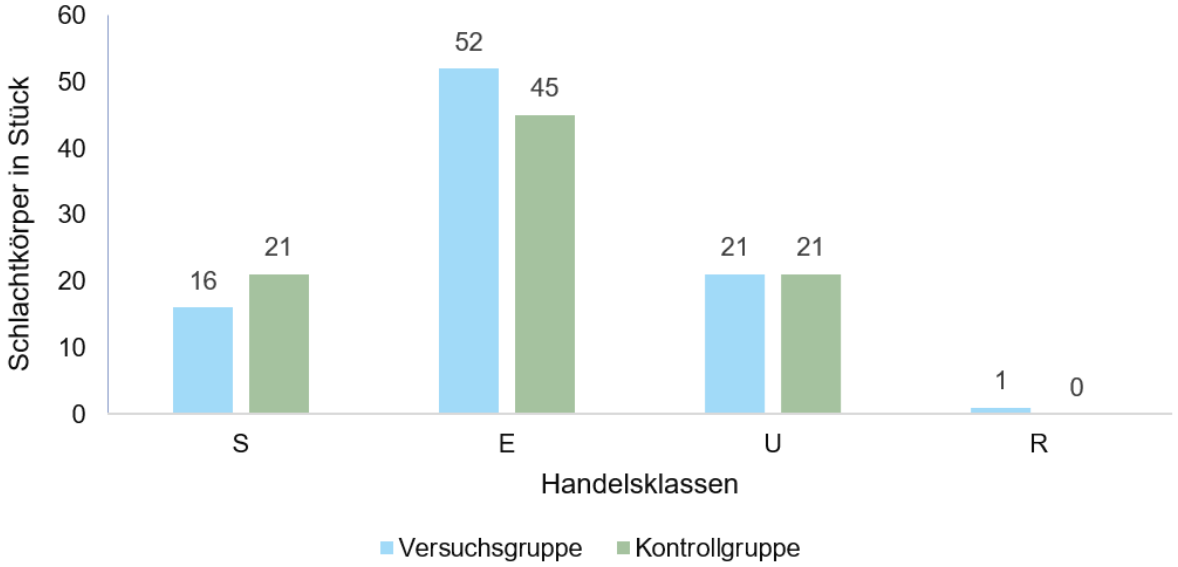


Abbildung 4. Verteilung der Handelsklassen bei der Schlachtung

Die nachfolgenden Ergebnisse in Tabelle 7 erfolgten 24 Stunden *p.m.* und wurden in einer separaten Kühlkammer am Schlachthof eigenhändig erhoben.

Tabelle 8. Messungen 24 Stunden p.m. bei Versuchs- und Kontrollgruppe

	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
LF in mS	4,16 ± 1,251	4,27 ± 1,366	0,598
pH-Wert$_{24}$ Kotelett	5,69 ± 0,308	5,67 ± 0,329	0,627
pH-Wert$_{24}$ Schinken	5,72 ± 0,305	5,69 ± 0,315	0,513
Schlachtkörperlänge in cm	107 ± 4,1	107 ± 4,1	0,885

Die gemessenen Mittelwerte von LF, pH$_{24}$K, pH$_{24}$S und Schlachtkörperlänge 24 Stunden *p.m.* waren zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe alle nicht signifikant unterschiedlich.

Tabelle 9. Messung von OPTO, Tropfsaftverlust und IMF bei der Versuchs- und Kontrollgruppe

	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
OPTO *L	65,2 ± 5,53	66,3 ± 5,29	0,246
Tropfsaftverlust in %	-3,13 ± 1,159	-3,25 ± 1,373	0,551
IMF in %	3,31 ± 1,036	3,15 ± 0,890	0,293

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Messungen im Labor dargestellt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen bei OPTO, Tropfsaftverlust und IMF festgestellt werden.

Im letzten Schritt wurde an der LSZ in Boxberg die Fettsäurenzusammensetzung im Rückenspeck untersucht. Nachfolgend die Ergebnisse in Tabelle 9. Die Unterschiede sind gering, weshalb der t-Test keine Signifikanzen zwischen den beiden Behandlungen ergab.

Tabelle 10. Fettsäurenzusammensetzung des Rückenspecks

	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
MUFA in %	48,5 ± 1,60	48,3 ± 1,68	0,285
PUFA in %	14,3 ± 1,89	14,7 ± 2,33	0,191
SFA in %	36,8 ± 1,70	36,7 ± 1,80	0,717
Iodzahl	69,03 ± 2,7	69,4 ± 3,15	0,467

Diskussion

Inhaltsstoffe von Erbsen

Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, dass das Toasten der Erbsen eine Veränderung der Inhaltsstoffzusammensetzung bewirkt hat. Da nicht auf ANF untersucht wurde, konnte kein Vergleich zu anderen wissenschaftlichen Studien gezogen und auf eine mögliche Reduktion der ANF überprüft werden, jedoch kann aufgrund der Veränderung der analysierten Inhaltsstoffe eine Veränderung der ANF nicht ausgeschlossen werden (O'Doherty und Keady 2001). Züchterische Maßnahmen sorgten über die Jahre zu einer Verminderung der ANF in Erbsen (Jezierny et al. 2010). Theoretisch hätte das Toasten der Erbsen aus diesem Grund vermutlich eingespart werden können, jedoch ist die Änderung der Inhaltsstoffe als positiv zu werten. In Tabelle 10 sind die Inhaltsstoffe der Erbsen aufgeführt und mit Futtermitteltabellen der LfL und DLG sowie mit einem Sortenversuch aus Thüringen verglichen. Die Versuchserbse konnten im Vergleich gute Ergebnisse erzielen und schien für einen Einsatz in der Mastschweinefütterung als gut geeignet. Es muss dennoch beachtet werden, dass die Futtermitteldaten der LfL einen Trockenmasseanteil von 88% voraussetzt. Der Trockenmassegehalt der Erbsen im Versuch lag bei 91,1%. Unterschiede der Inhaltsstoffe mussten somit teilweise auf die Trockenmassegehalte zurückgeführt werden.

Tabelle 11. Vergleich der verwendeten Erbsen mit Daten der LfL, DLG und einem Sortenversuch aus Thüringen

	Versuchserbse	LfL[1]	DLG[2]	Thüringen[3]
Trockenmassegehalt in %	91,1	88,0	88,0	88,0
Rohprotein %	20,5	20,7	22,0	18,9
Rohfett %	-	1,30	1,30	1,90
Rohfaser %	4,30	5,70	5,70	6,30
Rohasche %	3,10	3,10	3,30	2,60
Stärke %	46,5	42,0	41,8	44,4
Energie (ME) MJ/kg	14,0	13,5	13,8	13,6
Tryptophan %	0,19	0,19	-	-
Lysin %	1,55	1,45	1,58	1,46
Methionin %	0,21	0,19	0,21	0,18
Cystin %	0,31	0,28	0,32	0,31
Threonin %	0,80	0,78	0,79	0,75

[1] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2020

[2] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. 2014

[3] Heinze und Rau 2016

Im Vergleich zu den Daten von LfL, DLG und den Ergebnissen des Sortenversuchs aus Thüringen, konnten mit der im Versuch verwendeten Erbse gute Ergebnisse erzielt werden.

Auch wenn Unterschiede zwischen den verschiedenen dargestellten Erbsen in Tabelle 10 bestehen, können nicht nur die Unterschiede der Inhaltsstoffe zur Begründung genutzt, sondern Unterschiede aufgrund verschiedener Messmethoden berücksichtigt werden.

Rationen

Energie- und Rohprotein

Die in Material und Methoden berechneten Rationen und die im Labor ermittelten tatsächlichen Inhaltsstoffe der Mastmischungen für Vor- und Endmast der Versuchs- und Kontrollgruppe sind in Tabelle 11 dargestellt. Dort wird ersichtlich, dass die Inhaltsstoffe der berechneten Rationen von denen der tatsächlichen Rationen abwichen. Die Veränderung der Inhaltsstoffe der Rationen hatte in der Vormast deutliche Vorteile, da sich die Inhaltsstoffe als bedarfsdeckender erwiesen als in der Berechnung angenommen. Eine Verschiebung in Richtung der Bedarfsdeckung konnte bei den Energiegehalten in den Vormastrationen beobachtet werden, wo die Inhaltsstoffe die Zielvorgaben deutlich unterschritten. Die vorgegebenen Energiegehalte konnten dennoch nicht vollständig den Bedarf decken. Dasselbe konnte für den Rohproteingehalt beobachtet werden. Die berechneten Rationen wichen sehr stark von der Zielvorgabe von 18,5% Rohprotein in der Ration ab, die nach der Laboranalyse zwar dennoch nicht vollständig gedeckt werden konnte, aber sich dem Bedarf annäherte. Begründet werden kann die Abweichung des Energie- und des Rohproteingehalts einerseits mit der Auswahl der Futtermittel. Die Auswahl war begrenzt durch die auf dem landwirtschaftlichen Betrieb vorhandenen Futtermittel, die für die Rationszusammenstellung vorgesehen waren und eine möglichst praxisnahe und für die Region typische zweiphasige Mastration repräsentieren sollten. Die Zielwerte mit den vorhandenen Komponenten zu erreichen, erwies sich allerdings als schwierig. Zusätzlich wurden die einzelnen Komponenten in Bezug auf die tatsächlichen Inhaltsstoffe unterschätzt, weshalb mit niedrigeren Gehalten kalkuliert wurde. Den Bedarf an Rohprotein unter diesen Umständen zu decken war äußerst schwierig. Fokussiert wurde aus diesem Grund vorrangig auf die essentiellen Aminosäuren, die den Bedarf der Tiere decken und im geeigneten Verhältnis vorliegen sollten.

Tabelle 12. Zielwerte der Mischungen für Mastschweine, die berechneten Rationen und die tatsächlichen Inhaltsstoffe der Rationen nach der Laboranalyse für die Vormast und Endmast der Versuchs- und Kontrollgruppe

	Vorgaben Software[1]		Berechnete Inhaltsstoffe				Tatsächliche Inhaltsstoffe[2]			
			Vormast[3]		Endmast[4]		Vormast		Endmast	
	Vormast[3]	Endmast[4]	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
Trockenmasse in %	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	87,2	86,8	86,7
Energie (ME) MJ/kg	13,4	12,6	13,2	13,3	13,0	13,0	13,6	13,6	13,4	13,2
Rohprotein %	18,5	14,5	16,0	15,7	14,3	14,4	16,6	17,0	13,8	14,9
Rohfett %	-	-	3,64	3,78	2,39	2,48	3,30	3,60	2,90	2,70
Rohfaser %	4,00	4,00	3,90	3,73	3,96	3,70	2,70	2,60	3,30	2,90
Rohasche %	-	-	5,43	5,43	4,74	5,29	5,30	5,00	3,20	4,70
Stärke %	-	-	44,9	44,8	50,0	48,5	43,0	42,8	48,7	44,8
Lysin %	1,08	0,76	1,16	1,10	0,99	0,95	1,19	1,14	0,97	0,94
Methionin %	0,32	0,23	0,31	0,31	0,26	0,29	0,25	0,26	0,19	0,21
Cystein %	0,33	0,23	0,26	0,27	0,23	0,25	0,31	0,32	0,29	0,28
Threonin %	0,72	0,51	0,69	0,68	0,59	0,59	0,70	0,69	0,55	0,53
Tryptophan %	0,22	0,15	0,18	0,18	0,15	0,16	0,17	0,18	0,14	0,14

[1] Software HYBRIMIN Futter 5; [2] Laboranalyse bei der LUFA Speyer; [3] für 800 g mittlere tägliche Zunahmen, 13,4 MJ ME, Startgewicht 28 kg; [4] für 700 g mittlere tägliche Zunahmen, 12,6 MJ ME, Startgewicht 70 kg

Die Herausforderung in der Endmast lag darin, die zur Vormast vergleichbar niedrigen Energiegehalte nicht zu überschreiten. Das gelang weder in der Versuchs- noch in der Kontrollgruppe. Die nach der Laboranalyse festgestellten höheren Inhaltsstoffe erwiesen sich für die Endmast nachteilig. In der Laboranalyse wurde der Energiegehalt nochmals höher eingeschätzt als in der Berechnung vorgesehen. In der Endmast ist ein zu hoher Energiegehalt negativ bewertet, weil durch das allometrische Wachstum in der Endmast viel Fettgewebe gebildet wird, was bei einem Energieüberschuss in dieser Phase zu einer starken Verfettung der Tiere führt. Neben Abschlägen bei Schlachtung und Verarbeitung und somit ökonomischen Nachteilen für den Landwirt, werden die Wünsche des Verbrauchers nach magerem, fettarmem Schweinefleisch nicht erfüllt. Der Rohproteingehalt der Endmast der Versuchsgruppe erwies sich nach der Laboranalyse als niedriger als vorerst berechnet, sodass die Zielvorgabe der Software nicht gedeckt werden konnte. In der Kontrollgruppe war die Deckung des Rohproteinbedarfs nach der Laboranalyse möglich. Somit war für beide Gruppen in der Endmast durch den Energieüberschuss und den Rohproteinüberschuss in der Kontrollgruppe eine mögliche Verfettung der Schweine nicht auszuschließen.

Über die Futteraufnahme pro Tag konnte für die Versuchsgruppe eine tägliche Energieaufnahme von 28,3 MJ ME in der Vormast und 37,8 MJ ME in der Endmast berechnet werden. In der Kontrollgruppe ergab die durchschnittliche Futteraufnahme pro Tag eine tägliche Energiezufuhr von 27,1 MJ ME in der Vormast und 33,9 MJ ME in der Endmast über die berechneten Rationen. Da die Vormast von 30–70 kg Lebendmasse vorgesehen war, wurde der Bedarf mit dem Mittelwert von 50 kg mit der Fütterungsempfehlung der LfL verglichen. Dort ist für ein Mastschwein mit 50 kg Lebendmasse und 750 g täglichen Zunahmen ein Bedarf von 23,5 MJ ME für weibliche Mastschweine und von 26,0 MJ ME für Börge vorgesehen. Da die täglichen Zunahmen im Versuch höher als 750 g lagen, wird der tatsächliche Energiebedarf etwas höher gelegen haben. Jedoch würde die nächsthöhere Abstufung in der Fütterungsempfehlung mit täglichen Zunahmen von 850 g den Bedarf der Tiere überschätzen. Der Bedarf der Tiere konnte in der Vormast laut Empfehlung somit gedeckt werden. Für die Endmast sind sowohl bei 750 als auch bei 850 g täglichen Zunahmen laut Fütterungsempfehlung 30–32 MJ ME für weibliche Mastschweine und 35–38 MJ ME für Börge vorgesehen. Die Energiezufuhr konnte somit auch in der Endmast bedarfsdeckend erfolgen (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2020).

Aminosäurengehalte und –verhältnisse in den Rationen

Die Aminosäurengehalte veränderten sich zwischen Berechnung und Laboranalyse ebenfalls. Die Lysin-, Cystein-, Threonin- und Tryptophangehalte erwiesen sich als höher und der Methioningehalt niedriger als berechnet. Der Lysingehalt lag in Vor- und Endmast über dem Bedarf, die Cystein- und Threoningehalte konnten den Bedarf in der Vormast nicht decken, in der Endmast hingegen schon und die Methionin- und der Tryptophangehalte waren weder in der Vor- noch in der Endmast bedarfsdeckend. In der Versuchsration war das im Vorfeld bereits zu erwarten, da die Erbse reich an Lysin und arm an Methionin und Tryptophan ist (UFOP-Praxisinformation 2004). Das Aminosäurenverhältnis sollte laut Literatur bei 1:0,55:0,65:0,18 für Lysin:Methionin+Cystein:Threonin:Tryptophan liegen, damit der Bedarf der Mastschweine gedeckt und eine maximale Mast- und Schlachtleistung möglich ist

(Kirchgeßner et al. 2011; Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. 2010; Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2006). In der Versuchsgruppe konnte in der Vormast ein Verhältnis von 1:0,47:0,59:0,14 und in der Endmast von 1:0,51:0,57:0,14 erzielt werden. In der Kontrollgruppe lag das Verhältnis in der Vormast bei 1:0,51:0,61:0,16 und in der Endmast bei 1:0,52:0,56:0,15. Im Verhältnis zum Lysin wurden die Gehalte aller Aminosäuren in beiden Gruppen in jeder Phase der Mast unterschritten. Das könnte zu schlechteren Leistungen gegenüber des physiologisch erzielbaren Maximums geführt haben, bzw. es hätten eventuell bessere Ergebnisse erzielt werden können, wenn das Verhältnis optimal eingestellt gewesen wäre. Die Aminosäurenverhältnisse lieferten bereits einen ersten Hinweis auf den teils nicht gedeckten Bedarf der einzelnen Aminosäuren. Jedoch ist aufgrund des Lysinüberschusses das Verhältnis der übrigen Aminosäuren herabgesetzt. Eine mögliche Mehrleistung in Form eines günstigeren Futteraufwands hätte eventuell realisiert werden können. Jedoch waren, wie durch das Aminosäurenverhältnis ersichtlich, andere Aminosäuren und nicht das Lysin limitierend. Die Versorgung mit Rohprotein und Aminosäuren bzw. Stickstoff sollte nicht oberhalb des Bedarfs bzw. nicht in einem ungünstigen Verhältnis liegen, da eine Über- oder Fehlversorgung mit Aminosäuren zu einer erhöhten Stoffwechselbelastung der Tiere führt und durch die erhöhte Stickstoff- und Phosphorausscheidung eine Umweltbelastung durch Austräge über Kot und Harn der Tiere entsteht (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. 2021).

Ausschlaggebend für die Abweichung vom Optimum war einerseits das feste Verhältnis der eingemischten Aminosäuren im Mineralfutter, die somit nicht einzeln in die Ration dosiert werden konnten. Zusätzlich war das Mineralfutter vor allem reich an Lysin, was in den Erbsen bereits in hohen Mengen verfügbar ist (UFOP-Praxisinformation 2004). Obwohl die Aminosäurengehalte der Kontrollgruppe nicht stark von denen der Versuchsgruppe abwichen, konnte dort ein günstigeres Aminosäurenverhältnis erzielt werden. Für eine bedarfsdeckende Versorgung der Tiere und eine hohe Leistungsfähigkeit sind ausreichende Aminosäuremengen und -verhältnisse wichtig, allerdings werden den Aminosäuren neben der Leistung Einflüsse auf andere Eigenschaften zugeschrieben, die sich indirekt auf die Leistung auswirkt. Tryptophan, das in der Versuchsgruppe knapp bemessen war, soll beispielsweise einen starken Einfluss auf die Serotoninausschüttung im Körper der Tiere haben, weswegen bei einer Fütterung von Schweinen mit Tryptophan über deren normalem Bedarf hinaus ein ruhigeres Tierverhalten in der Gruppe beobachtet werden konnte (Li et al. 2006).

P- und Ca-Verhältnis in den Rationen

Eine Laboranalyse von Calcium- und Phosphorgehalten in der Ration fand im Versuch nicht statt, jedoch konnten die Gehalte der berechneten Rationen zu Vergleichen herangezogen werden. Für das Calcium ist entscheidend, dass es nicht in zu hohen Gehalten vorliegt und im Verhältnis zum Phosphor, speziell zum verdaulichen Phosphor (vP), steht. Für das Mastschwein ist ein Ca-vP-Verhältnis von 2,2-2.5:1 ideal (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2006). Von Kirchgeßner et al. (2011) wird ein Verhältnis von 2:1 bis 3:1 empfohlen. Die Versuchsgruppe wies in der Vormast ein Ca-vP-Verhältnis von 3,6:1 und in der Endmast von 3,8:1 auf. Die Kontrollgruppe hatte in der Vormast ein Verhältnis von 4:1 und in der Endmast von 3,2:1. Somit war das Verhältnis von Calcium im Vergleich zum verdaulichen Phosphor höher als in der Empfehlung vorgegeben. Bei der Berechnung der täglich aufgenommenen Mengen vP im Futter fiel auf, dass in der Vormast der Bedarf mit 4,0 g vP/Tag in der Versuchsgruppe und mit 3,6 g vP/Tag in der Kontrollgruppe unter der empfohlenen Menge der LfL lag. In der Endmast lagen die Gehalte mit 4,0 g vP/Tag in der Versuchsgruppe ebenfalls unter

und mit 5,4 g vP/Tag in der Kontrollgruppe über der Empfehlung (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2020). Jedoch konnte bei der Laboranalyse der Rationen bereits festgestellt werden, dass die Berechnung von der tatsächlichen Ration abwich. Aus diesem Grund können die hier dargestellten Werte nicht sicher genutzt werden. Werden diese Werte jedoch als gegeben angesehen, war die Phosphorverwertung im Versuch durch den verhältnismäßig zu hohen Calciumgehalt bzw. niedrigen vP-Gehalt herabgesetzt.

Fettsäuregehalte in den Rationen

Die Fettsäuremessungen der unterschiedlichen Rationen dienten vor allem der Überprüfung, ob Unterschiede in den Rationen auch zu Unterschieden in Körperfettzusammensetzung der Schweine führen könnten. Die größeren Unterschiede ergaben sich zwischen den Rationen in der Endmast. Dieselben Schwerpunkte des Vorkommens der Fettsäuren war auch in der Studie von Chrenková et al. (2011) zu beobachten. Dort wurden drei verschiedene Behandlungen durchgeführt: die Kontrollgruppe mit Fütterung von SES, eine Ration mit Erbsen und eine Ration mit extrudierten Erbsen. Trotz dessen, dass teils andere Komponenten in der Ration neben den genannten Eiweißquellen eingesetzt wurden, konnte eine ähnliche Verteilung der Fettsäuren zu diesem Versuch beobachtet werden. Obwohl Unterschiede in den hier analysierten Mischungen bestehen, lässt die Verteilung der Fettsäuren vermuten, dass im Rückenspeck keine Unterschiede aufgrund eines grob gleichmäßigen Auftretens von ungesättigten Fettsäuren bestehen.

Mastleistung

Die Anzahl der Masttage zeigte, dass für das Erreichen des Mastendgewichts dieselbe Mastdauer von der Versuchs- und der Kontrollgruppe benötigt wurde, weshalb es zu keinen signifikanten Unterschieden kam. Jedoch konnte im linearen gemischten Modell gezeigt werden, dass die Anzahl der Masttage in der jeweiligen Mastphase stark von den Rationsunterschieden beeinflusst war, es allerdings keinen Effekt der Behandlung auf die Zahl der Masttage der Gesamtmast gab. Zwischen den durchschnittlichen täglichen Zunahmen konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, was aufgrund der eingesetzten Menge an Erbsen von 10 % in der Vor- und 22 % in der Endmast und der Verwendung von freien Aminosäuren über das Mineralfutter zu erwarten war (Sońta et al. 2021). Auf die absoluten und die täglichen Zunahmen hatten viel mehr das Geschlecht und das Anfangsgewicht der Tiere einen Effekt. Die Futteraufnahme pro Tag ($p<0,001$) und die Gesamtfutteraufnahme ($p=0,009$) der Versuchsgruppe waren signifikant höher als die der Kontrollgruppe. Gleichzeitig erwies sich der Futteraufwand als signifikant schlechter in der Versuchsgruppe ($p=0,037$). Es war somit durch den Einsatz von Erbsen im Vergleich zur Kontrollration ein Mehraufwand an Futter nötig, um dieselben Tageszunahmen und somit ein gleiches Mastendgewicht zu erzielen. Da ähnliche Verschlechterungen der Mastleistung häufig bei Mastschweinen beobachtet wurden, wurde lange Zeit vom Einsatz von Erbsen in höheren Mengen in einer Mastration abgeraten, was mit den geringen Konzentrationen von Methionin, Cystein und Tryptophan begründet wurde (Gatel 1994).

Da im hier durchgeführten Versuch eine erhöhte Futteraufnahme erzielt wurde, kann eine herabgesetzte Verdaulichkeit durch die Ration vermutet werden. Der Rohfasergehalt war in den Versuchsrationen etwas höher, was für eine schlechtere Verdaulichkeit sprechen könnte, allerdings lässt der Umfang der analysierten Inhaltsstoffe keine näheren Aussagen zur Verdaulichkeit der Mischungen zu (Doti et al. 2014; Zmudzińska et al.

2020). Von Rodehutscord (2020) werden jedoch 5% in der Mastration empfohlen, was einen Rohfasergehalt von 2,7–3,3% in der Ration ohne Leistungseinbußen zulassen sollte. Kirchgeßner et al. (2011) nennen für die Erbse allerdings eine Verdaulichkeit beim Mastschwein von 90–94%, wohingegen das SES lediglich 85–89% aufweisen kann. Möglich wäre es, dass es bei der Toastung der Erbsen zu einer Maillard-Reaktion oder Denaturierung einiger Proteine gekommen sein könnte, wogegen allerdings die Höhe der Inhaltsstoffe in den Rationen spricht. Der schlechte Geschmack des Futters kann hingegen aufgrund hoher Futteraufnahmen in der Versuchsgruppe ausgeschlossen werden. Ein zu hoher Tanningehalt sollte in der Ration nach der Toastung nicht mehr enthalten gewesen sein, auch wenn es durch eine Laboranalyse nicht überprüft werden konnte. Ein erhöhter Phytatgehalt sollte prinzipiell auch nicht der Grund für eine schlechte Verdaulichkeit gewesen sein. Da das Mineralfutter Phytase enthielt, sollten auch keine Defizite hinsichtlich gebundener Mengen- und Spurenelemente entstanden sein. Ob allerdings beispielsweise die Trypsininhibitoren zu einer verminderten Verdaulichkeit geführt hatten, lässt sich nicht überprüfen, könnte aber in Betracht gezogen werden (Zmudzińska et al. 2020).

Neben dem Rohfaser- und ANF-Gehalt in der Ration, können auch ungünstige Rohprotein- oder Aminosäurengehalte für Leistungsminderungen sorgen. Das nicht exakt angepasste Aminosäurenverhältnis könnte in diesem Versuch zu der erhöhten Futteraufnahme und dem erhöhten Futteraufwand in der Versuchsgruppe geführt haben. Es wurden Aminosäuren über das Mineralfutter ergänzt, jedoch konnte aufgrund der festen Zusammensetzung des Mineralfutters keine Regulation einzelner Aminosäuren vorgenommen werden, die sich in den unterschiedlichen Aminosäureverhältnissen äußerten. Unterschiedliche Aminosäurenverhältnisse könnten in der Studie von Hanczakowska et al. (2019) zu Unterschieden bei den Tageszunahmen geführt haben. Dort unterschieden sich eine Ration mit SES, eine mit weißblühenden Erbsen und eine mit buntblühenden Erbsen über die Leistung der Schweine signifikant voneinander. Auch die Unterschiede im Futteraufwand können so erklärt werden. Buntblühende Erbsen erzielten die höchsten Mastleistungen (Hanczakowska et al. 2019). Ebenso verdeutlicht die Studie von Sundrum et al. (2000), dass geringere Leistungen bei Mastschweinen resultierten. Dort wurde eine Mischung aus Erbsen und Lupinen aus ökologischem Anbau mit einer konventionellen Ration mit SES verglichen. Geringere tägliche Zunahmen resultierten aufgrund des nicht gedeckten Bedarfs an essentiellen Aminosäuren, der nicht durch freie Aminosäuren gedeckt werden konnte (Sundrum et al. 2000). Was ein weiterer Grund für die hohe Futteraufnahme und den hohen Futteraufwand in der Versuchsgruppe sein könnte, ist der Rohproteingehalt in der Versuchsration, der laut Software HYBRIMIN den Bedarf von 18,5% in der Vor- und 14,5% in der Endmast nicht decken konnte. Es wurden 16,6% in der Versuchs- und 17,0% in der Kontrollgruppe in der Vor- und 13,8% in der Versuchs- und 14,9% in der Kontrollgruppe in der Endmast erreicht. Die Versuchsgruppe unterschritt somit in beiden Mastabschnitten den Rohproteinbedarf, die Kontrollgruppe lediglich in der Vormast. Das war zwar weniger als der vorgegebene Bedarf in der Software zur Futterberechnung, allerdings waren die Rohproteingehalte in den Studien von Stein et al. (2004), Stein et al. (2006), Newman et al. (2011) und Zmudzińska et al. (2020) in der Vormast vollständig niedriger, in der Endmast lagen die Rohproteingehalte überwiegend unter oder in einem ähnlichen Bereich wie die Rohproteingehalte des Versuchs. Ein niedriger Rohproteingehalt von rund 16% findet sich auch bei van Zanten et al. (2018) wieder. Vergleicht man die Rohproteingehalte in den im Versuch verwendeten Rationen mit den Rohproteingehalten der Rationen aus den genannten Studien, dürfte der Rohproteingehalt nicht zwingend leistungsmindernd gewirkt haben.

Im Versuch von Newman et al. (2011) konnten andere Ergebnisse erzielt werden. In dieser Studie wurden Erbsenchips anstatt Erbsenschrot eingesetzt, welche im Vergleich zu herkömmlichen Erbsen höhere Rohprotein-, ADF- und NDF-Gehalte aufwiesen. In der Studie wurde eine Kontrollration mit SES gefüttert, was in drei verschiedenen Versuchsgruppen reduziert und in der letzten Ration vollständig ersetzt wurde. Die Mischungen basierten alle auf Mais. Bei dem Ersatz von SES in den Versuchsrationen durch 15, 30 und 45% in der Vor- und 10, 20 und 30% Erbsenchips in der Endmast, konnten signifikante Unterschiede erzielt werden. In der Vormast wies die Gruppe mit 15% Erbsenchips die höchsten täglichen Zunahmen und den vorteilhaftesten Futteraufwand auf. Zum Mastende konnten die Erbsenrationen allesamt bessere Leistungen erzielen als die Kontrollration. Die Ration mit ausschließlich SES wies die geringsten Tageszunahmen auf (Newman et al. 2011). Mit dem Einsatz von Erbsen konnte somit am effizientesten gefüttert werden. Ein ähnlich aufgebauter Versuch von Smith et al. (2013) erzielte andere Ergebnisse. Auch dort wurde SES in verschiedenen Versuchsrationen langsam reduziert. Anstatt Erbsenchips wurde herkömmliches Erbsenschrot eingesetzt, das bis zu einer Menge von 30% in Vor- und Endmast in die Ration einberechnet wurde. Trotz Ergänzung kristalliner Aminosäuren wurden signifikant höhere Tageszunahmen in der Endmast der Kontrollgruppe verzeichnet. Die Unterschiede zwischen diesen Versuchen lassen einerseits erkennen, dass der Einsatz der Erbse in der Mastschweinefütterung zu unterschiedlichsten Leistungsniveaus führt und nicht immer vergleichbare Leistungen zu den Kontrollrationen erbringt. Andererseits ist ein Vergleich zwischen den Studien schwierig zu ziehen. Fehlende Informationen über Inhaltsstoffe oder unterschiedliche Formen der Energiebewertung machen Vergleiche auch zum hier durchgeführten Versuch schwer.

Vergleichbar zur Studie von Newman et al. (2011) kann die Studie von Stein et al. (2004) betrachtet werden. Dort wurde in einer Ration auf Maisbasis SES stetig reduziert und durch Erbsen ergänzt. In vier Gruppen wurde der Erbsengehalt von 0% auf 36% in der Vor- und Endmast gesteigert. Die Mastleistung der Tiere war hier allerdings in keiner der Gruppen signifikant unterschiedlich. Es konnte keine Verschlechterung der Mastleistung durch den steigenden Einsatz von Erbsen gemessen werden. Stein et al. (2006) setzten in einer dreiphasigen Mast in drei Gruppen Erbsen anstatt SES ein. Eine Gruppe bekam über alle drei Phasen 36% Erbsen mit einer Ergänzung von SES. Die andere Versuchsgruppe bekam 66% Erbsen in der Vormast, 48% in der Mittelmast und 36% Erbsen in der Endmast. Zusätzlich wurde der Bedarf an Aminosäuren über freie Aminosäuren ergänzt. Die Gehalte an Aminosäuren waren nicht vollständig identisch, allerdings kam es zu keinen hohen Abweichungen zwischen den Rationen. Allein durch die unterschiedlichen Fütterungsvarianten konnten keine Einflüsse auf die Mastleistung erkannt werden. Die Messungen zu Futteraufnahme, tägliche Zunahme, Futteraufwand und Phasenendgewicht ergaben keine signifikanten Unterschiede. Somit kann gezeigt werden, dass eine Fütterung von Erbsenschrot in Kombination mit freien Aminosäuren eine Möglichkeit zum Ersatz von SES darstellt, ohne dass eine schlechtere Mastleistung zu erwarten ist. Es ist jedoch äußerst wichtig, dass die Aminosäuren in der Ration genau an den Bedarf der Tiere angepasst werden. Was im Versuch von Stein et al. (2006) jedoch signifikant unterschiedlich war, war die Futteraufnahme zwischen den Geschlechtern. Börge nahmen mehr Futter auf als weibliche Mastschweine, allerdings konnte dieser Effekt unabhängig der Rationszusammensetzung beobachtet werden (Stein et al. 2006). Laut Kirchgeßner et al. (2011) ist die Futteraufnahme und somit auch die Zunahme bei Börgen höher als bei weiblichen Mastschweinen. Da die höheren Zunahmen in der Endmast vor allem mit einem erhöhten Verfettungsgrad zusammenhängen, wurden die

Börge mit einem niedrigeren Mastendgewicht als die weiblichen Mastschweine geschlachtet. 1 – 2

Die Aussage, dass sich die täglichen Zunahmen nicht signifikant durch einen Einsatz von Erbsen von der Kontrollgruppe unterschieden, deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien (Cunha 1944; Stein et al. 2004; Chrenková et al. 2011). Zwischen diesen Studien ist die Höhe der täglichen Zunahmen aufgrund von Rasseunterschieden nicht vergleichbar und sehr vielfältig, doch die Aussage der konstant bleibenden täglichen Zunahmen trotz Erbsenfütterung bleibt bestehen. Deutlich wird beim Vergleich dieser Studien, dass die Rasse wohl nicht generell entscheidend für eine bessere oder schlechtere Eignung von Erbsen als Eiweißquelle in der Ration ist und bei unterschiedlichen Leistungsniveaus eingesetzt werden kann. Ein verändertes Leistungsniveau kann nicht allein durch Rationsunterschiede erklärt werden. Dass die Rasse allerdings einen Einfluss auf das Leistungsniveau hat, ist nicht zu bestreiten. Ebenfalls kann ein Einfluss der Rasse auf die Verdauung beobachtet werden. Es konnten bei reinrassigen Schwäbisch-Hällischen Schweinen signifikant geringere Zunahmen, NDF-Verdauung und Stickstoffretention im Vergleich zu anderen Rassen gemessen werden (Heimendahl et al. 2010). Dies spiegelte sich vor allem in erhöhten Futteraufnahmen, einem kürzeren Colon und Caecum und somit auch in leichteren Darmgewichten wider. Es ist somit denkbar, dass das Schwäbisch-Hällische Schwein aufgrund seiner physiologischen Beschaffenheit eine geringere mikrobielle Dickdarmfermentation, weniger Darmsekrete und aufgrund der Darmlänge auch kürzere Passageraten aufweist. Das deutet auf eine geringere Faserverdauung im Vergleich zu anderen Rassen hin (Heimendahl et al. 2010). Zudem ist der Fettgehalt in der Körperzusammensetzung des Schwäbisch-Hällischen Schweins verglichen mit anderen Rassen hoch (ZVSH 2022). Bei Schweinen mit hohem Fettansatz wurden genetisch bedingt kürzere Dünn- und Dickdärme sowie verminderte Organgewichte festgestellt, was auf ein generell schlechteres Faserverdauungsvermögen durch kürzere Passageraten hinweist (Varel et al. 1988; Pond et al. 1988). Es ist allerdings herauszustellen, dass sich die Effekte relativieren sollten, da im hier durchgeführten Versuch Mastkreuzungen mit Piétrain verwendet wurden und das möglicherweise zu einer Veränderung der Darmlängen geführt hat. Neben der möglicherweise verkürzten Därme muss das Schwäbisch-Hällische Schwein für den hohen Fettansatz einen höheren Nährstoffanteil des Futters aufwenden, um Lebendmasse aufzubauen (Kirchgeßner et al. 2011). Über den höheren Rohfasergehalt der Versuchsration und den hohen Fettansatz der Tiere könnten die Notwendigkeit der erhöhten Futteraufnahme und des damit zusammenhängenden erhöhten Futteraufwands begründet werden.

In der Studie von Sirtori et al. (2015) wurde ein Ergebnis erzielt, das sich nicht mit den zuvor dargestellten Studien deckt. Die in Italien lokalisierte alte Rasse Cinta Senese ist zwar verglichen mit anderen Rassen in ihrer Mastleistung unterdurchschnittlich, dennoch können hier über die alte und seltene Rasse Vergleiche zum Schwäbisch-Hällischen Landschwein gezogen werden. Bei Cinta Senese Schweinen konnten beim Einsatz von 31% Erbsen ohne Zusatz freier Aminosäuren und dem kompletten Ersatz von SES in der Ration trotzdem mit der SES-Ration vergleichbare tägliche Zunahmen erzielt werden. Die Zunahmen lagen mit 422 g in der Erbsengruppe bzw. 432 g täglichen Zunahmen in der Sojagruppe weit entfernt von den Schwäbisch-Hällischen mit 809 g täglichen Zunahmen bei der Mastleistungsprüfung (MLP) oder mit 798 g in der Versuchsgruppe und 768 g täglichen Zunahmen in der Kontrollgruppe dieses Versuches. Die geringen Zunahmen der Schweine in dieser Studie konnten allerdings mit einem sehr niedrigen Lysingehalt in der Ration begründet werden, der im Wachstum der Schweine limitierend wirkte (Sirtori et al. 2015). Obwohl das Schwäbisch-Hällische Mastschwein auch den alten Rassen

angehört, ist die Leistung schon bei mittleren Einsatzmengen der Erbse, verglichen mit anderen Studien, verschlechtert. Daher wäre wohl bei einem vollständigen Ersatz von SES, ähnlich der Studie von Sirtori et al. (2015), mit einer weiteren Verschlechterung der Leistung zu rechnen. Sollte die Länge des Gastrointestinaltraktes von Schwäbisch-Hällischen Schweinen tatsächlich ausschlaggebend für eine herabgesetzte Verdaulichkeit der Versuchsration gewesen sein, wäre die Überprüfung bei reinrassigen Tieren dennoch interessant und könnte zu weiteren Erkenntnissen führen, da das fehlende Wissen über die Mastkreuzungen lediglich Spekulationen zulässt.

Neben mangelnden physiologischen Informationen existiert ebenso ein Mangel an Leistungsdaten für das Schwäbisch-Hällische Schwein. Aus diesem Grund sollen die Mastleistungsdaten des Versuchs mit denen der Leistungsprüfungsanstalt in Boxberg des Schwäbisch-Hällischen Schweins verglichen werden. Das reine Schwäbisch-Hällische Schwein erzielte in den Jahren 1999–2018 tägliche Zunahmen von durchschnittlich 809 g. Die täglichen Zunahmen im Versuch lagen sowohl in der Versuchsgruppe mit 789 ± 78,1 g und in der Kontrollgruppe mit 768 ± 98,6 g unter dem in der MLP ermittelten Wert. Der Futteraufwand der Schwäbisch-Hällischen Reinzuchttiere bei der MLP lag von 1999–2018 im Mittel bei 2,97 kg gefressenem Futter pro kg Lebendmassezuwachs und deckt sich mit dem Futteraufwand von 2,98 kg in der Kontrollgruppe. Obwohl bei der MLP reinrassige Schwäbisch-Hällische Schweine geprüft und im Versuch Schwäbisch-Hällische Schweine mit einem Piétrain-Eber gekreuzt wurden, kann aufgrund der Rasseunterschiede und den unterschiedlichen Prüfungs- und Messbedingungen im Vergleich zum hier durchgeführten Versuch dennoch davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse des Versuchs trotz Abweichungen als repräsentativ gewertet werden können (Petig 2020; ZVSH 2022).

Auffällig ist, dass Versuche mit ähnlichen Rahmenbedingungen wie im hier durchgeführten Versuch zu vergleichbaren oder teilweise besseren Mastleistungen der Schweine in den Versuchs- gegenüber den Kontrollgruppen geführt hatten (Stein et al. 2006; Stein et al. 2004; Hanczakowska et al. 2019; Sońta et al. 2021). Obwohl verschiedene Erbsengehalte eingesetzt, freie Aminosäuren über unterschiedliche Arten zugesetzt, unterschiedliche Erbsensorten gewählt und verschiedene Rassen geprüft wurden, konnten Erbsen oftmals erfolgreich eingesetzt werden. Das kann im hier durchgeführten Versuch allerdings nicht bestätigt werden.

Da im Versuch keine Analyse der ANF in den eingesetzten Erbsen durchgeführt wurde, konnte nicht geklärt werden, ob die signifikant schlechtere Leistung der Versuchsgruppe in Futteraufnahme und Futteraufwand hierdurch begünstigt wurde. Die Analyse der Aminosäuren ergab zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe zwar keine auffällig hohen Unterschiede, jedoch konnte bei der Berechnung des Aminosäurenverhältnisses festgestellt werden, dass das Verhältnis der Aminosäuren in der Kontrollgruppe dem Bedarf eines Mastschweins eher entsprach. Eigenschaften der Rasse könnten ebenfalls Einfluss auf das Ergebnis der Mastleistung gehabt haben

Schlachtleistung und Fleischqualität

Das Schlachtgewicht der Tiere aus dem Versuch lag mit durchschnittlich 90,7 kg in der Versuchsgruppe, bzw. 90,3 kg in der Kontrollgruppe unter dem durchschnittlichen Schlachtgewicht in Deutschland, das momentan bei 96,6 kg liegt (Statistisches Bundesamt 2021). Die Fütterung der beiden unterschiedlichen Rationen hatte keine signifikanten Unterschiede zur Folge bei den Schlachtmerkmalen. Durch das für die

Schlachtung festgelegte Mastendgewicht konnten deshalb keine signifikanten Unterschiede beim Schlachtgewicht gefunden werden, da das Gewicht als Voraussetzung für das Ende der Mast diente. Die Konsequenz der einheitlichen Schlachtkörpergewichte war ebenfalls die Schlachtkörperlänge mit 107 ± 4,1 cm in der Versuchsgruppe und mit 107 ± 4,1 cm in der Kontrollgruppe. Hier konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Ebenso wurden das Fleischmaß, das Speckmaß und der Magerfleischanteil nicht durch die Erbsenfütterung beeinflusst.

Die Schlachtleistung der Tiere war von der Art der Fütterung im Versuch nicht beeinflusst, weswegen keine signifikanten Unterschiede gefunden werden konnten. Zunächst wird hierdurch ersichtlich, dass ein Ersetzen von SES durch Erbsen potenziell möglich ist, ohne dabei die Schlachtleistung der Tiere zu beeinflussen. In der Studie von Stein et al. (2006) konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der Schlachtparameter gefunden werden. Von den Autoren wurde die Vermutung angestellt, dass durch supplementierte Aminosäuren kein Mangelzustand beim Schwein entstehen konnte und somit auch keine Veränderungen der Schlachtkörpereigenschaften zu beobachten waren. In der Studie von Zacharias et al. (2016) wurde ein Proteinkonzentrat aus getoasteten Erbsen, Rapsschrot und getoasteten vollfetten Sojabohnen in Kombination mit freien Aminosäuren in einer Mastmischung eingesetzt. Auch hier konnte keine Veränderung der Schlachtleistung der Tiere beobachtet werden. Das hier vorliegende Ergebnis könnte ebenfalls so erklärt werden, dass in der Ration freie Aminosäuren ergänzt worden waren. Auch wenn keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen gefunden werden konnten, kann jedoch eine Tendenz erkannt werden. Die Versuchsgruppe in diesem Versuch neigte zu einem verringerten Fleischmaß und gleichzeitig zu einem höheren Speckmaß als die Kontrollgruppe. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass bei einer höheren Einsatzmenge von Erbsen in der Ration größere und möglicherweise auch signifikante Unterschiede in Fleisch- und Speckmaß auftreten könnten. Die Beobachtung von einem niedrigen Fleischmaß und einem höheren Speckmaß bei einem wachsenden Anteil von Erbsen in der Ration konnte auch schon in anderen Studien beobachtet werden und deckt sich somit mit der Beobachtung in diesem Versuch (Stein et al. 2006).

Fleischqualitätsmerkmale

Wie bei den Schlachtmerkmalen konnten ebenso beim pH_{45} sowohl in Kotelett als auch im Schinken keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden. Die Versuchsgruppe wies einen leicht höheren pH_{45} auf als die Kontrollgruppe. Der pH_{45} dient zur Überprüfung auf PSE-Fleisch. PSE-Fleisch wird durch viele verschiedene Faktoren begünstigt, jedoch ist der Einfluss der Genetik hoch gewichtet. Über die Jahre hinweg wurden Tiere gezüchtet und selektiert, die besonders hohe tägliche Zunahmen und einen möglichst hohen Muskelfleischanteil aufweisen und dabei für den Landwirt die niedrigsten Produktionskosten haben sollten. Ungeachtet anderer Merkmale wurden Schweine immer stressanfälliger, bis erkannt wurde, dass das negative Auswirkungen nicht nur auf die Haltung der Tiere, sondern auch auf die Fleischqualität hat. Neben PSE-Fleisch tritt ebenso DFD-Fleisch (dark, firm, dry) auf, wobei PSE-Fleisch häufiger mit Schweinen in Verbindung gebracht wird (Adzitey und Nurul 2011). Die alte Rasse des Schwäbisch-Hällischen Schweins gilt als stressresistent, da die Tiere nie eine so intensive Zucht wie andere Rassen erfahren haben. Im Versuch wurden deshalb ausschließlich stressresistente Tiere verwendet. Der pH_{45} macht deutlich, dass keine Minderung der Fleischqualität vorliegt. Von PSE-Fleisch spricht man, wenn der pH-Wert 45 Minuten *p.m.* <6 ist. Sowohl der $pH_{45}K$ als auch der $pH_{45}S$ lagen in beiden Gruppen im Durchschnitt oberhalb dieser Grenze, weshalb eine Minderung der Fleischqualität ausgeschlossen werden kann (Adzitey und Nurul 2011). Bei den insgesamt 178 geschlachteten Tieren

konnten zwei Tiere mit einem ph_{45} <6 gefunden werden. Fleisch gilt als DFD-Fleisch, wenn der pH_{24} >6 ist (Warriss 2000) oder, wie in anderer Literatur auffindbar, der pH_{45} bei 6,4 und darüber liegt (Bartos et al. 1993). Damit würden sowohl die Versuchs- und Kontrollgruppe mit dem pH_{45}S zum DFD-Fleisch zählen. Rötliche Muskelpartien sind mit ihrer geringen Glykogenkonzentration als anfälliger für DFD-Fleisch anzusehen, da die niedrige Glykogenkonzentration dort *p.m.* schnell aufgebraucht ist. Zu diesen Muskelpartien zählt auch der Schinken, der neben Nacken- und Schulterregion rötliches Fleisch aufweist. Dort können laut Warriss (2000) auch höhere pH-Werte noch als normal angesehen werden. Neben dem pH_{45} zählen allerdings auch der pH_{24}, die Fleischhelligkeit und der Tropfsaftverlust als Indikatoren zur Aussagekraft als PSE- bzw. DFD-Fleisch (Adzitey und Nurul 2011).

Wie der pH_{45} weisen der pH_{24} von Kotelett und Schinken mit pH-Werten <6 keine Anzeichen für DFD-Fleisch in beiden Behandlungsgruppen auf. Würde der pH-Wert hier >6 liegen, würde man diese Teile als DFD-Fleisch einstufen. Mit den im vorigen Kapitel genannten pH_{45}-Werten >6,2 im Schinken, können die pH_{24}-Werte im Schinken als Absicherung dienen, dass kein DFD-Fleisch vorliegt, auch wenn die pH_{45}-Werte erst als erhöht einzustufen waren (Adzitey und Nurul 2011). Die Genetik ist ein potenzieller Grund für das Auftreten von PSE- und DFD-Fleisch, bzw. für eine verminderte Fleischqualität. Das allein entscheidet allerdings nicht über die Fleischqualität einzelner Schlachtkörper oder Teilstücke. Häufig sind Tiere mit positivem Halothan-Test und extremen Muskelfleischanteilen äußerst stressanfällig. Dennoch können auch mindere Qualitäten erzielt werden, wenn produktionstechnische Einflüsse in der Mastphase nicht optimal auf die Tiere abgestimmt und angepasst sind, wie z.B. ein nicht der Genetik angepasstes Mastendgewicht oder auch eine für die Rasse schlecht geeignete Mastintensität (Cebulska et al. 2021). Prämortale Einflüsse wirken sich ebenso auf die Fleischqualität aus, indem selbst stressstabile Tiere hohem Stress vor der Schlachtung ausgesetzt werden. Dazu zählen Ausstallung, Verladung der Tiere, Futter- und Wasserentzug während des Transports, die unbekannten Umgebungen, fremde Tiere, extreme Temperaturen und Lärm, der während der gesamten Zeit von Stall bis Schlachtung entsteht (Warriss 2000). Im Versuch wurde Stress weitestgehend versucht zu vermeiden. Die Mastschweine wurden im Stall vor der Schlachtung nochmal gewogen und über den Schlagstempel mit Nummern versehen. Das alles wurde von den Tieren bekannten Betreuern durchgeführt. Durch den Transport zum Schlachthof mit einem Fahrzeug, das ausschließlich die Versuchstiere transportierte, konnten Durchmischungen der einzelnen Buchten vermieden und Rangkämpfe während des Transports minimiert werden. Nach dem Verladen wurden die Tiere über eine 40-minütige Fahrt auf direktem Wege in den Schlachthof gebracht, was ein Vorteil ist, da lange Transportzeiten ein signifikant höheres Risiko für PSE- und DFD-Fleisch darstellen können (Malmfors 1982). Um hohe Temperaturen auszugleichen, war ein durchgehender Zu- und Abstrom von frischer Luft gewährleistet. Angekommen im Schlachthof wurden die Tiere direkt in den Stall gebracht. Da die Tiere mindestens im 3-Wochen-Rhythmus gewogen wurden, war das Gehen auf und vom Fahrzeug herunter problemlos möglich und die Verladung und Einstallung im Schlachthof ging schnell vonstatten. Da die Schweine generell abends angeliefert wurden, konnten lange Wartezeiten vermieden werden. Ebenso kam es für die Tiere dadurch zu keinem Futter- und Wasserentzug, da eine Versorgung der Tiere bei einem Aufenthalt von mehr als sechs Stunden verpflichtend ist. Gleichzeitig wird eine Ruhezeit von zwei bis vier Stunden für die Tiere empfohlen, was definitiv gewährleistet werden konnte (Grandin 1998). Die Betäubung und Tötung im Schlachthof Schwäbisch Hall ging aufgrund seiner geringen Größe und der vergleichsweise geringen Schlachtzahlen von ca. 600 Schweinen pro Tag ruhig vonstatten. Die anschließende Kühlung der Schlachtkörper ist

essenziell für eine hohe Fleischqualität und sollte möglichst schnell durchgeführt werden. Das kann Tropfsaftverluste und das Auftreten von PSE-Fleisch vermeiden, sowie die Fleischhelligkeit verbessern (Warriss 2000).

Die OPTO-Werte aus den beiden Behandlungsgruppen waren nicht signifikant unterschiedlich. Die Werte von 65,2 ± 5,53 *L in der Versuchsgruppe und von 66,3 ± 5,29 *L in der Kontrollgruppe liegen laut den Vorgaben für die Messungen zur Fleischqualitätsanalyse an der LSZ Boxberg im günstigen Bereich. Der günstige Bereich erstreckt sich von 60 *L ≤ OPTO ≤ 80 *L. Liegt der OPTO-Wert ≤ 55 *L, spricht für das Vorliegen von PSE-Fleisch, oder ≥ 85 *L, was für das Vorliegen von DFD-Fleisch sprechen würde (Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg 2016).

Auch die elektrische Leitfähigkeit war nicht beeinflusst von den unterschiedlichen Fütterungsmöglichkeiten. Der LF-Wert dient, wie der pH_{45}, zur Identifikation von PSE-Fleisch. Die Ergebnisse in diesem Versuch zeigen, dass sie unter dem Grenzwert liegen, die an der LSZ Boxberg zur Leistungsprüfung genutzt werden. LF-Werte > 8 mS sind Zeichen für PSE-Fleisch. Werte < 5 mS gelten als sehr vorteilhaft (Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg 2016). Mit den LF-Werten von 4,16 ± 1,251 mS in der Versuchs- und von 4,27 ± 1,366 mS in der Kontrollgruppe können die vorangegangen pH-Wertmessungen untermauert und minderwertige Fleischqualität ausgeschlossen werden.

Dass PSE- oder DFD-Fleisch vorliegt, konnte im vorangegangenen Teil ausgeschlossen werden. Die beprobten Fleischstücke haben somit einen entsprechenden LF-Wert, pH-Wert und OPTO-Wert. Grundlegend ist mit dem Ausschluss von PSE- und DFD-Fleisch bereits eine Basis für eine gute Fleischqualität geschaffen. Was das Fleisch zart, saftig und schmackhaft macht und somit Fleisch mit mittlerer Qualität von Fleisch mit hoher Qualität unterscheidet, sind vor allem der IMF und der Tropfsaftverlust Der IMF ist zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe nicht signifikant, allerdings hat das Geschlecht einen Einfluss auf die Höhe des IMF. Diese beiden Merkmale sind positiv mit einer positiven sensorischen Bewertung durch den Verbraucher verbunden (van Laack et al. 2001; National Pork Producers Council 1995). Allerdings kann nicht generell bestätigt werden, dass ein allgemeiner Anstieg des IMF in Fleisch zwangsläufig zur Zartheit und Saftigkeit führt, sondern auch die genetische Grundlage der Schweine darüber entscheidet, ob das Fleisch durch einen hohen Anteil an IMF zart ist oder nicht (van Laack et al. 2001). Die Zartheit des Fleischs ist ebenso mit der Fleischreifung verbunden. Bis zu Tag 5–7 *p.m.* reift das Fleisch und die Veränderungen in der Zartheit sind hoch, nach dieser Zeitspanne findet nur noch wenig Veränderung statt (Dransfield et al. 1980-81). Da bei steigendem IMF oftmals eine sinkende Scherkraft beobachtet werden konnte, wurde für diesen Versuch auf die Scherkraftmessung verzichtet. 1988 wurde von DeVol et al. ein IMF von 2,5–3 % als Mindestgehalt empfohlen, um eine akzeptable Qualität des Fleisches gewährleisten zu können. Die Empfehlung aus den 1980ern könnte allerdings als veraltet angesehen werden, da die sensorische Wahrnehmung des Verbrauchers damals und des Verbrauchers heute stark von unterschiedlichen Präferenzen beeinflusst werden. Bei der MLP in Boxberg werden Schweine mit einem IMF >2 % als sehr vorteilhaft eingestuft (Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg 2016). Aus diesem Grund können die IMF-Gehalte der Versuchs- und Kontrollgruppe von >3 % ebenfalls als vorteilhaft eingestuft werden. Für die geschmackliche Eignung müsste ein Sensoriktest dieses Fleischs durchgeführt werden. Zacharias et al. (2016) konnten feststellen, dass bei der Verwendung eines Proteinkonzentrats aus Erbse, Rapsschrot und vollfetter Sojabohne mit freien Aminosäuren der IMF-Gehalt im Schweinefleisch erhöht war und führten das auf einen nicht dem Bedarf entsprechenden Rohproteingehalt zurück. Da die essentiellen Aminosäuren über den Zusatz freier Aminosäruen gedeckt waren, lag die Vermutung

nahe, dass weitere Aminosäuren limitierend wurden und deshalb der höhere IMF-Gehalt zustande kam. Auch in diesem Versuch war der Rohproteingehalt niedriger als der Bedarf der Mastschweine es verlangt, es konnte aber keine Erhöhung des IMF-Gehalts festgestellt werden.

Der Tropfsaftverlust war zwischen den beiden Behandlungen nicht signifikant unterschiedlich, aber tendenziell geringer in der Versuchsgruppe. Durchschnittliche Tropfsaftverluste liegen laut Offer und Knight (1988) zwischen 1–3% Verlust des Ausgangsgewichts. Somit liegen die gemessenen Werte oberhalb des Bereichs. Petig (2020) konnte bei der Untersuchung verschiedener Kreuzungsvarianten bei Schwäbisch-Hällischen Schweinen herausfinden, dass der Tropfsaftverlust bei einer Kreuzung mit einem Piétrain-Eber mit 2,07 % höher war als die Tropfsaftverluste bei der Anpaarung mit anderen Rassen. Die in diesem Versuch gemessenen Werte überstiegen die von Petig gemessenen Werte dennoch deutlich. In der Studie von Chrenková et al. (2011) konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede beim Einsatz von Erbsen hinsichtlich des Tropfsaftverlusts beobachtet werden. Der Tropfsaftverlust lag dort im Durchschnitt in drei Behandlungsgruppen über 4 %. Somit scheinen die 1–3 % maximaler Gewichtsverlust in Form von Flüssigkeit dort ebenfalls nicht zuzutreffen. Der Tropfsaftverlust beim Schweinefleisch kann wie der pH-Wert zur Überprüfung vom Vorhandensein von PSE-Fleisch genutzt werden. Beim Vorliegen von PSE-Fleisch kann der Tropfsaftverlust bis zu einem Gewichtsverlust von 10 % betragen, was ein erhebliches Schrumpfen eines Teilstücks zur Folge hat und dieses durch eine herabgesetzte Zartheit und Saftigkeit auffällt (Melody et al. 2004). Wasser ist im Muskel häufig an Proteine gebunden, welche bei einem zu schnellen Abfall des pH-Werts denaturieren und die Funktion zur Bindung von Wasser verloren geht. Der Tropfsaftverlust ist aus diesem Grund mit einem Verlust von Protein im Muskel verbunden (Huff-Lonergan und Lonergan 2005). Die Gründe, die zu einem hohen Tropfsaftverlust führen, sind dieselben wie bereits bei den pH-Werten aufgeführt.

Fettsäuremuster im Rückenspeck

Das Fettsäuremuster des Rückenspecks der Schweine aus diesem Versuch konnte lediglich in Form vom Verhältnis von SFA, MUFA und PUFA untersucht werden. Da die Daten nicht signifikant verschieden waren, ist von keiner Veränderung der Fleischqualität durch die Veränderung der Fettsäurenzusammensetzung des Rückenspecks durch die Fütterung auszugehen. Wie bereits beim IMF, konnten auch für die Fettsäuren Effekte des Geschlechts der Mastschweine auf die Ausprägung im Rückenspeck gemessen werden. Die im Versuch erzielten Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen der Studie von Chrenková et al. (2011), in der ebenfalls keine signifikanten Veränderungen beim Einsatz von Erbsen gefunden werden konnten. Neben der Farbe und des Geschmacks des Fleischs, könnten ebenfalls die technologischen Eigenschaften beeinflusst sein durch eine Veränderung der Fettsäurenzusammensetzung (Teye et al. 2006). Obwohl keine Unterschiede zwischen den Fettsäuren im Fett gefunden werden konnten, sind die MUFA in der Versuchsgruppe tendenziell höher und die PUFA in der Kontrollgruppe tendenziell höher verglichen mit jeweils der anderen Gruppe. Generell wird empfohlen, dass für eine gesunde Ernährung des Menschen ein Verhältnis von PUFA zu SFA von mehr als 0,4 bestehen sollte (UK Department of Health 1994). In der Studie von Enser et al. (1996) wies Schweinefleisch ein Verhältnis von 0,61 im Fettgewebe auf, was prinzipiell als positiv zu bewerten ist. Im Versuch lag das Verhältnis von PUFA:SFA bei 0,39 in der Versuchsgruppe und 0,40 in der Kontrollgruppe. Die Werte liegen also im Bereich des empfohlenen Werts vom UK Department of Health (1994). Neben dem Verhältnis von PUFA:SFA ist auch das Verhältnis von Omega-6:Omega-3-Fettsäuren entscheidend,

welches für eine gesunde Ernährung den Wert von 4 nicht überschreiten sollte. Weil im Versuch keine Omega-3- bzw. Omega-6-Fettsäuren analysiert wurden, kann keine Aussage getroffen werden. Jedoch lag in der Studie von Enser et al. (1996) der Wert im Fettgewebe bei 7,64 und übersteigt somit das empfohlene Verhältnis. Allerdings gelten als Faustzahlen für Schweinefleisch Gehalte von 40% SFA, 40% MUFA und 2–25% PUFA. In diesem Versuch liegt der Gehalt an MUFA aber deutlich höher. MUFA haben ähnlich der PUFA positive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, weshalb trotz der unterdurchschnittlichen PUFA:SFA-Verhältnisse ein positiver Effekt auf die menschliche Gesundheit bestehen könnte (Wood et al. 2007). In einer anderen Studie konnte nachgewiesen werden, dass unterschiedliche Fettsäuregehalte im Futter zu einer Veränderung der Fettsäurenverteilung im Fettgewebe der Tiere führt (Wood et al. 2003). Einen großen Effekt auf die Fettzusammensetzung haben beispielsweise Ölfrüchte. So haben Sojabohnen einen hohen Gehalt an PUFA, was zu einem weichen Fett der Schweine führt. Grund hierfür ist der Schmelzpunkt von Fetten, der weiter sinkt, je ungesättigter die Fettsäuren darin sind bzw. je mehr PUFA es im Fettgewebe gibt. Beeinflussbar ist die Fettsäurenzusammensetzung im Fettgewebe vor allem über den Einsatz von PUFA und weniger über SFA in der Ration. Der gesundheitliche Nutzen für die menschliche Ernährung und die Haltbarkeit und technologischen Ansprüche an das Fleisch stehen somit im Gegensetz zueinander. Je mehr MUFA und PUFA vorliegen, desto besser ist es durch die Verminderung von kardiovaskulären Krankheiten für die menschliche Gesundheit und desto nachteiliger ist es für die Haltbarkeit des Fetts. Je höher der Anteil ungesättigter Fettsäuren im Fettgewebe ist, desto niedriger ist der Schmelzpunkt des Fetts und desto schneller oxidiert das Fett und wird ungenießbar (Wood et al. 2003). Wird der Fettgehalt im Schwein über Fütterung oder Genetik reduziert und sollen damit die Effekte der Fettsäuren auf Verarbeitung und Ernährung ausgeschalten bzw. reduziert werden, verändert sich die Lage dahingehend, dass der Anteil an PUFA im Fett steigt. Durch einen hohen Fettanteil im Tier kommt es so gesehen zu einem Verdünnungseffekt von PUFA (Wood et al. 2007). Die im Versuch vorliegende Konzentration der Erbsen ist scheinbar nicht ausreichend, um eine Veränderung der Fettsäurenzusammensetzung im Rückenspeck zu bewirken.

Schlussfolgerungen

Im hier durchgeführten Versuch konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass Erbsen bei Schwäbisch-Hällischen Mastschweinen zu 10 % in der Vor- und 22 % in der Endmast eingesetzt werden können, hier allerdings Grenzen bestehen. Die Futteraufnahme und der Futteraufwand fielen in der Versuchsgruppe signifikant schlechter aus. Die in den vorigen Kapiteln aufgeführten Gründe für eine potentielle Verschlechterung der Mastleistung in der Versuchsgruppe, stellten keine eindeutige und klare Erklärung dar. Aufgrund verschiedener Möglichkeiten scheint die Verschlechterung der Mastleistung multifaktoriell begründet gewesen zu sein. Wie bereits aufgeführt, könnten Fasergehalte im Futter sowie möglicherweise restliche Gehalte an ANF trotz Toastung zu einer geringeren Verdaulichkeit in den Versuchsrationen geführt haben. Ebenso wurden die Aminosäurenverhältnisse als ungünstiger und der Rohproteingehalt niedriger als in der Kontrollgruppe eingestuft. Die Wahrscheinlichkeit eines Einflusses dieser Faktoren scheint nicht unrealistisch, aber hatte aufgrund geringer Unterschiede vermutlich keinen dominierenden Einfluss auf die Mastleistung. Der Vergleich mit der wissenschaftlichen Literatur ergab einen potentiellen Einfluss der Rasse auf die Mastleistung. Durch die verkürzte Länge des Gastrointestinaltraktes und das hohe Fettansatzvermögen der Schwäbisch-Hällischen Schweine, könnte es zur Verminderung der Mastleistung in der Versuchsgruppe gekommen sein. Ausschlaggebend müssten allerdings auch die

Inhaltsstoffe und Eigenschaften des Futters gewesen sein, damit die Effekte der Rasse auftreten konnten. Überprüft werden konnten diese potentiellen Effekte in diesem Versuch nicht, jedoch wäre eine Modifikation des Versuchs sicherlich interessant, um genauere Aussagen über den Einsatz von erbsenhaltigen Mischungen treffen zu können. Ebenfalls interessant wäre eine Erhöhung des Erbsengehalts in den Versuchsrationen. Es könnte überprüft werden, ob die Erbsen ab einer gewissen Konzentration Auswirkungen auf die Schlachtleistung und Fleischqualität haben könnten. Hierzu konnten im Versuch keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Auch wenn keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden, kann die hohe Fleischqualität der Versuchs- und Kontrollgruppe herausgestellt werden. Hohe IMF-Gehalte und ein geringer TSV konnten in beiden Gruppen gemessen werden, die mit dem rassetypisch hohen Fettansatz in Verbindung stehen.

Da in der praktischen Landwirtschaft die Mastleistungen entscheidend sind, um betriebswirtschaftlich erfolgreich zu sein, müsste von einem Einsatz von Erbsen in der Ration abgeraten werden. Da die Mastleistung allerdings lediglich durch eine erhöhte Futteraufnahme und dem daraus resultierenden höheren Futteraufwand verschlechtert war, könnte eine Erbsenfütterung dennoch in Betracht gezogen werden. Je nach Preis der einzelnen Futterkomponenten, könnte der Einsatz der Erbsenration also dennoch lohnenswert sein. In der derzeitigen Lage des Futtermittelmarktes könnte es vorkommen, dass Körnererbsen trotz allem mit einem wirtschaftlichen Vorteil gegenüber SES im Betrieb eingesetzt werden können. Neben dem Preis spielen auch andere Faktoren zum Einsatz von Erbsen eine wichtige Rolle, die in dieser Arbeit nicht aufgeführt wurden. Dazu zählen der Wert der Erbse in der Fruchtfolge und die damit verbundene Düngereinsparung, ebenso wie mögliche politische Förderprogramme (Degola und Jonkus 2018; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2013). Das müsste bei einer derartigen Berechnung berücksichtigt werden.

Ausblick

Im Anbau gestalten sich die Körnerleguminosen teils schwierig. Da seit einigen Jahren keine effektiven Pflanzenschutzmittel mehr zugelassen sind, schrecken viele Landwirte vor einem Anbau zurück. Die Körnerleguminosen sind oft stark verunkrautet und deshalb nur schwer zu ernten. Hinzu kommt, dass der Ertrag nicht sonderlich hoch ist und deshalb die Entscheidung häufig zugunsten des Anbaus anderer Feldfrüchte ausfällt. Entscheidend ist für die Anbauplanung der Deckungsbeitrag der einzelnen Feldfrüchte, der für die Körnerleguminosen häufig nicht hoch ausfällt. Gleichzeitig muss aber auch berücksichtigt werden, dass es für den Anbau von Körnerleguminosen die Möglichkeit zur Förderung gibt. Über das baden-württembergische Förderprogramm FAKT werden fünfgliedrige Fruchtfolgen auf landwirtschaftlichen Flächen gefördert, wobei der Anteil der Leguminosen mindestens 10% entsprechen sollte. Ein weiterer möglicher Vorteil des Anbaus ist die Düngereinsparung auf dem Betrieb. Es kann sowohl während des Anbaus der Leguminose auf stickstoffhaltige Dünger verzichtet, sowie Stickstoffdünger für die darauf folgende Feldfrucht eingespart werden. Über die Haltung von Nutztieren ist es möglich, die Erbsen, Ackerbohnen oder Lupinen optimal zu veredeln. Wie bereits beschrieben, liegt der Deckungsbeitrag für den Leguminosenanbau durch geringe Marktpreise tendenziell im unteren Bereich, werden die Leguminosen auf dem eigenen Betrieb veredelt, besteht eine Möglichkeit zur Aufwertung des Deckungsbeitrags. Sollen Leguminosen zwingend auf dem Betrieb gefüttert werden, ist der Zukauf mit hohen Kosten verbunden. Neben der kosteneffizienten Nutzung sorgt die Vielfalt durch mehr

Komponenten in der Ration für eine Möglichkeit der Bedarfsdeckung des Tiers. Für die Deckung des Proteinbedarfs der Tiere sind die Körnerleguminosen gut geeignet. Mit einer Minderleistung der Tiere durch antinutritive Faktoren ist heute pauschal nicht mehr zu rechnen. Über jahrelange Zucht der einzelnen Sorten konnten die Gehalte an antinutritiven Faktoren reduziert werden. Für mögliche Restgehalte gibt es geeignete Behandlungsmöglichkeiten. Der Anbau und die Nutzung von Körnerleguminosen können bei geeigneten Betriebsformen somit als positiv und empfehlenswert bewertet werden.

Anhang

Vermarkter von Körnerleguminosen

Postleitzahlgebiet 6….	
Mischfutter Werke Mannheim GmbH https://www.mifuma.de/ Otto-Hahn-Str. 40 68169 Mannheim Tel.: +49 621 32245 76 **Erbsen, Konv., BIO**	
Postleitzahlgebiet 7….	
Klostermühle Heiligenzimmern https://www.klostermuehle-heiligenzimmern.de/ Platzstraße 12/2 72348 Rosenfeld Heiligenzimmern Tel.: +49 7428 9394 0 **Ackerbohnen, Erbsen, Soja, Konv., BIO**	**KRAICHGAU RAIFFEISEN ZENTRUM eG** https://krz-eg.de Raiffeisenzentrum 11 75031 Eppingen Tel.: +49 7262 922 0 **Erbsen, Soja, Konv.**
Postleitzahlgebiet 8….	
Raiffeisen Handels GmbH Seuversholz http://www.rhg-seuversholz.de Raiffeisenstr. 4 85131 Pollenfeld **Ackerbohnen, Erbsen, Süßlupine, Soja, Konv.** **SLP Schwäbische Landprodukte GmbH**	**Raiffeisen-Agrar-Zentrum Lech-Paar GmbH & Co. KG** http://www.biofutter-wls.de/ Langweider Str. 13 86508 Rehling **Ackerbohnen, Erbsen, Konv.**

Dorfstr. 11 86660 Tapfheim-Erlingshofen **Soja, Konv.**	**Raiffeisen-Ware Schwaben Allgäu GmbH** https://www.raiffeisen-ware-schwaben-allgaeu.de/ Dr.-Emil-Schilling-Str. 19 89335 Ichenhausen Tel.: +49 8223 960100 **Soja, Konv.**
Hafner-Futter http://www.hafner-futter.de/ Poststraße 11 89335 Ichenhausen Tel.: +49 8223 2035 **Ackerbohnen, Erbsen, Konv., BIO**	**Agrarhandel GmbH Georg Tausend** Wittislinger Str. 2-3 89415 Lauingen Ackerbohnen, Konv. Blatterspiel Agrarhandel http://www.rh-agrarhandel.de
Raiffeisenbank Aschberg e.G. https://www.rb-aschberg.de Raiffeisenstr. 10 89438 Holzheim **Erbsen, Soja, Konv.**	**WLS Bio Futter Süd GmbH** https://biofutter-wls.de/ Sontheimer Str. 21 89567 Sontheim-Brenz Tel.: +49 742893940 **Ackerbohnen, Erbsen, Soja, Konv., BIO**
Postleitzahlgebiet 9…	
Raiffeisen-Landhandel GmbH http://www.raiffeisen.com Bahnhofsstraße 35 91448 Emskirchen **Erbsen, Konv.**	**Lagerhaus Röder GmbH & Co. KG** http://lagerhaus-roeder.de Kirchplatz 6 96152 Burghaslach **Erbsen, Konv.**
Hans Schilling Agrarhandel GmbH & Co. KG http://www.schilling-agrar.de	**Busch Agrarhandel KG** http://www.busch-agrar.de

Am Bahnhof 13 97215 Uffenheim **Ackerbohnen, Erbsen, Soja, Konv.**	Bergstraße 20 97234 Reichenberg-Lindflur **Erbsen, Soja, Konv**
Heinrich Eckert GmbH Agrarhandel Marktheidenf. Str. 31 97280 Remlingen **Erbsen, Soja, Konv**.	**Raiffeisen Lagerhaus GmbH** http://www.rlg-gmbh.de/unternehmen/gaukoenigshofen Raiffeisenplatz 3 97253 Gaukönigshofen **Soja, Konv.**
Gründleinsmühle GmbH https://www.gruendleinsmuehle.de/ Gründleinstr. 5 97332 Obervolkach Tel.: +49 9381 2444 **Ackerbohnen, Erbsen, Konv., BIO**	**Karl Weimann Nachf. GmbH** https://www.weimann-agrar.de/ Weinfelderstr. 10 97737 Gemünden **Ackerbohnen, Erbsen, Soja, Konv.**
BAGeno Raiffeisen eG https://www.bageno.de Zaisenmühlstraße 6 97980 Bad Mergentheim Tel.: +49 7931 9736 0 **Ackerbohnen, Erbsen, Soja, Konv., BIO**	

Quellen

https://www.transgen.de/lebensmittel/599.sojabohnen-deutschland-anbau-importe.html

https://llh.hessen.de/pflanze/eiweissinitiative/demonstrationsnetzwerke/perspektiven-von-koernerleguminosen/

https://gvf.de/sojabohnen-deshalb-sollten-landwirte-ueber-den-anbau-nachdenken/

https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2019/01/2019-01-18_Leitfaden-Sojaanbau_fin.pdf

https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/publikationen/Landwirtschaft/2017_Fakt_Foerderprogramm_Agrarumwelt_Klimaschutz_Tierwohl.pdf

https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/210623_Eiweissbilanz.html

https://www.ovid-verband.de/fileadmin/user_upload/Pressemitteilungen/2018/181114_Deutschlands_Eiweißlücke_w%C3%A4chst.pdf

Literaturverzeichnis

Adzitey, F.; Nurul, H. (2011): Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. In: *International Food Research Journal* 18, S. 11–20.

Bartos, L.; Franc, C.; Rehak, D.; Stipkova, A. (1993): A Practical Method to Prevent Dark-Cutting (DFD) in Beef. In: *Meat Science* 34, S. 275–282.

Bastianelli, D.; Grosjean, F.; Peyronnet, C.; Duparque, M.; Regnier, J. M. (1998): Feeding value of pea (Pisum sativum, L.) 1. Chemical composition of different categories of pea. In: *Animal Sciences* 67, S. 609–619.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2013): Erbse. heimischer Eiweiß- und Stärkelieferant. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising-Weihenstephan.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2020): Futterberechnung für Schweine. Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Freising-Weihenstephan, 24. Auflage.

Castell, A. G.; Guenther, W. (1994): Nutritive value of peas for monogastric diets. In: *Proceedings of the 15th Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba*, S. 21–38.

Cebulska, A.; Jankowiak, H.; Weisbauerová, E.; Nevrkla, P. (2021): Influence of an increased content of pea and yellow lupin protein in the diet of pigs on meat quality. In: *Porcine health management* 63 (7).

Chrenková, M.; Formelová, Z.; Chrastinová, Ľ.; Fľak, P.; Čerešňáková, Z.; Lahučký, R. et al. (2011): Influence of diets containing raw or extruded peas instead of soybean meal on meat quality characteristics in growing-finishing pigs. In: *Czech Journal of Animal Science* 56 (3), S. 119–126.

Cunha, T. J. (1944): A Study of Nutritional Deficiencies of Corn-Soybean Oil Meal Rations for Swine and Rats. Dissertation. University of Wisconsin.

Degola, L.; Jonkus, D. (2018): The influence of dietary inclusion of peas, faba bean and lupin as a replacement for soybean meal on pig performance and carcass traits. In: *Agronomy Research* 16 (2), S. 389–397.

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (2010): Erfolgreiche Mastschweinefütterung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (2014): DLG-Futterwerttabellen - Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (2021): Fütterung und Tierwohl beim Schwein. Teil A: Futter, Fütterung und Faserstoffversorgung DLG-Merkblatt 463, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DeVol, D. L.; McKeith, F. K.; Bechtel, P. J.; Novakofski, J.; Shanks, R. D.; Carr, T. R. (1988): Variations in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. In: *Journal of Animal Science* 66, S. 385–395.

Doti, S.; Suárez-Belloch, J.; Latorre, M. A.; Guada, J. A.; Fondevila, M. (2014): Effect of dietary starch source on growth performances, digestibility and quality traits of growing pigs. In: *Livestock Science* 164, S. 119–127.

Dransfield, E.; Jones, R. C.; MacFie, H. J. (1980-81): Tenderising in M. longissimus dorsi of Beef, Veal, Rabbit, Lamb and Pork. In: *Meat Science* 5, S. 139–147.

Enser, M.; Hallett, K.; Hewitt, B.; Fursey, G.A.J.; Wood, J. D. (1996): Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. In: *Meat Science* 42 (4), S. 443–456.

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

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main (Band 10).

Grandin, T. (1998): Dealing with Excitable Pigs. Online verfügbar unter https://www.grandin.com/behaviour/tips/excite.pig.html, zuletzt geprüft am 07.03.2022.

Hanczakowska, E.; Księżak, J.; Świątkiewicz, M. (2019): Efficiency of pea seeds in sow, piglet and fattener feeding. In: *Animal Production Science* 59, S. 304–313.

Heimendahl, E. von; Breves, G.; Abel, H. J. (2010): Fiber-related digestive processes in three different breeds of pigs. In: *Journal of Animal Science* 88, S. 972–981.

Heinze, A.; Rau, K. (2016): Rationsgestaltung zum Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch heimische Eiweißträger in der Schweineproduktion. In: *Dunkel, S., Baumgärtel, T., Degner, J., Gräfe, E., Guddat, C., Heinze, A., Herzog, E., Lumme, N., Müller, J., Peyker, W., Rau, K., Reinhold, G., Sauerteig, B., Scheit, J., Trauboth, K., Wölfel, S. (Hrsg.), Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes einheimischer Eiweißpflanzen und anderer heimischer Eiweißträger in der Tierfütterung in Thüringen*, S. 26–37.

Huff-Lonergan, E.; Lonergan, S. M. (2005): Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. In: *Meat Science* 71, S. 194–204.

Jezierny, D.; Mosenthin, R.; Bauer, E. (2010): The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. In: *Animal Feed Science and Technology* 157, S. 111–128.

Kirchgeßner, M.; Roth, F. X.; Schwarz, F. J.; Stangl. G. I. (2011): Tierernährung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg (2016): Informationen zur Leistungsprüfung, Prüfjahr 2016.

Li, Y. Z.; Kerr, B. J.; Kidd, M. T.; Gonyou, H. W. (2006): Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. In: *Journal of Animal Science* (84), S. 212–220.

Malmfors, G. (1982): Studies on some factors affecting pig meat quality. In: *Proceedings 28th European Meeting Meat Research Workers, Madrid, Spain*, S. 21–23.

Melody, J. L.; Lonergan, S. M.; Rowe, L. J.; Huiatt, T. W.; Mayes, M. S.; Huff-Lonergan, E. (2004): Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. In: *Journal of Animal Science* 82, S. 1195–1205.

National Pork Producers Council (1995): Genetic Evaluation/Terminal Line Program Results. Goodwin, R., Burroughs, S., National Pork Producers Council, Des Moines, Iowa.

Newman, D. J.; Harris, E. K.; Lepper, A. N.; Berg, E. P.; Stein, H. H. (2011): Effects of pea chips on pig performance, carcass quality and composition, and palatability of pork. In: *Journal of Animal Science* 89, S. 3132–3139.

O'Doherty, J. V.; Keady, U. (2001): The effect of expander processing and extrusion on the nutritive value of peas for pigs. In: *Animal Science* 72, S. 43–53.

Offer, G.; Knight, P. (1988): Developments in Meat Science. In: *Lawrie, R. (Hrsg.), The Structural Basis of Water Holding in Meat, Elsevier Applied Science, New York*, S. 89–190.

Pastuszewska, B.; Vitjazkova, M.; Swiech, E.; Taciak, M. (2004): Composition and in vitro digestibility of raw versus cooked white- and colour-flowered peas. In: *Nahrung/Food* 48 (3), S. 221–225.

Petig, M. (2020): Wachstum, Schlachtkörper- und Fleischqualität der bedrohten Schweinerasse Schwäbisch-Hällisches Schwein unter besonderer Berücksichtigung von Haltungs-, Fütterungs-, und Kombinationskreuzungsvarianten. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.

Pond, W. G.; Jung, H. G.; Varel, V. H. (1988): Effect of Dietary Fiber on Young Adult Genetically Lean, Obese and Contemporary Pigs: Body Weight, Carcass Measurements, Organ Weights and Digesta Content. In: *Journal of Animal Science* 66, S. 699–706.

Rodehutscord, M. (2020): Fütterung der Schweine. In: *Jeroch, H.; Drochner, W.; Rodehutscord, M.; Simon, A.; Simon, O.; Zentek, J. (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Ernährungsphysiologie - Futtermittelkunde - Fütterung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart*, S. 394–431.

Sirtori, F.; Crovetti, A.; Acciaioli, A.; Bonelli, A.; Pugliese, C.; Bozzi, R. et al. (2015): Effect of Replacing a Soy Diet with Vicia Faba and Pisum Sativum on Performance, Meat and Fat Traits of Cinta Senese Pigs. In: *Italian Journal of Animal Science* 14 (1), S. 99–104.

Smith, L. A.; Houdijk, J. G.; Homer, D.; Kyriazakis, I. (2013): Effects of dietary inclusion of pea and faba bean as a replacement for soybean meal on grower and finisher pig performance and carcass quality. In: *Journal of Animal Science* 91, S. 3733–3741.

Sońta, M.; Rekiel, A.; Więcek, J.; Batorska, M.; Puppel, K. (2021): Alternative Protein Sources vs. GM Soybean Meal as Feedstuff for Pigs-Meat Quality and Health-Promoting Indicators. In: *Animals* 11, S. 177–188.

Statistisches Bundesamt (2021): Fleischproduktion im 1. Halbjahr 2021 um 1,7 % gegenüber Vorjahr gesunken. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/08/PD21_388_413.html, zuletzt geprüft am 17.02.2022.

Stein, H. H.; Benzoni, G.; Bohlke, R. A.; Peters, D. N. (2004): Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (Pisum sativum L.) for growing pigs. In: *Journal of Animal Science* 82, S. 2568–2578.

Stein, H. H.; Everts, A. K.; Sweeter, K. K.; Peters, D. N.; Maddock, R. J.; Wulf, D. M.; Pedersen, C. (2006): The influence of dietary field peas (Pisum sativum L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. In: *Journal of Animal Science* 84, S. 3110–3117.

Sundrum, A.; Bütfering, L.; Henning, M.; Hoppenbrock, K. H. (2000): Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality. In: *Journal of Animal Science* 78, S. 1199–1205.

Teye, G. A.; Wood, J. D.; Whittington, F. M.; Stewart, A.; Sheard, P. R. (2006): Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 2. Effects on properties of fat and processing characteristics of bacon and frankfurter-style sausages. In: *Meat Science* 73, S. 166–177.

UFOP-Praxisinformation (2004): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Erbsen in der Nutztierfütterung. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., Berlin.

UK Department of Health (1994): Report on health and social subjects. No 46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Her Majesty's Stationery Office, London.

Urbatzka, P.; Graß, R.; Haase, T.; Schüler, C.; Trautz, D.; Heß, J. (2011): Grain yield and quality characteristics of different genotypes of winter pea in comparison to spring pea for organic farming in pure and mixed stands. In: *Organic Agriculture* 1, S. 187–202.

van Laack, R. L.; Stevens, S. G.; Stalder, K. J. (2001): The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. In: *Journal of Animal Science* 79, S. 392–397.

van Zanten, H. H.; Bikker, P.; Meerburg, B. G.; Boer, I. J. de (2018): Attributional versus consequential life cycle assessment and feed optimization: alternative protein sources in pig diets. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23, S. 1–11.

Varel, V. H.; Jung, H. G.; Pond, W. G. (1988): Effects of Dietary Fiber of Young Adult Genetically Lean, Obese and Contemporary Pigs: Rate of Passage, Digestibility and Microbiological Data. In: *Journal of Animal Science* 66, S. 707–712.

Warriss, P. D. (2000): Meat science: an introductory text. CABI.

WetterKontor (2022): Monats- und Jahreswerte für Niederstetten. Online verfügbar unter https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/monats-und-jahreswerte.asp?id=182&jr0=2021&jr1=2021&mo0=1&mo1=9, zuletzt geprüft am 10.01.2022.

Wood, J.; Enser, M.; Whittington, F.; Richardson, R. (2007): Fatty Acids in Meat and Meat Products. In: *Chow, C. K. (Hrsg.), Fatty Acids in Foods and their Health Implications. CRC Press, Boca Raton, Florida*, S. 87–107.

Wood, J. D.; Richardson, R. I.; Nute, G. R.; Fisher, A. V.; Campo, M. M.; Kasapidou, E. et al. (2003): Effects of fatty acids on meat quality: a review. In: *Meat Science* 66, S. 21–32.

Zacharias, B.; Benz, S.; Schrade, H.; Zacharias, T. (2016): The performance of growing pigs fed with soybeans, peas and rapeseed meal grown in Central Europe. In: *Züchtungskunde* 88 (3), S. 189–198.

Zentek, J.; Hellweg, P. (2007): Antinutritive Substanzen in Futtermitteln - Präsentation vom 5. Juli 2007, FU Berlin.

Zmudzińska, A.; Bigorowski, B.; Banaszak, M.; Roślewska, A.; Adamski, M.; Hejdysz, M. (2020): The Effect of Diet Based on Legume Seeds and Rapeseed Meal on Pig Performance and Meat Quality. In: *Animals* 10, S. 1084–1096.

ZVSH (2022): Zuchtbuch, Wolpertshausen: Züchtervereinigung Schwäbisch-Hällisches Schwein e.V.

Über diesen Practice Guide

Autorinnen: Sarah Wochner und Isabella Munder

Herausgeber: Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall (BESH), Haller Straße 20 74549 Wolpertshausen, info@besh.de

Kontakt: Isabella Munder, Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall, isabella.munder@besh.de

Produktion: Donau Soja

Permalink: www.zenodo.org/record/6477276

Coverfoto: Pigs on field, © BESH

Zitierung: Wochner, S. und Munder, I., 2022. Erbsenfütterung in der Schweinehaltung. Legumes Translated practice guide 3. Available from www.legumehub.eu

Copyright: © Die Autorinnen, 2022. Die Vervielfältigung und Verbreitung ist für nicht-kommerzielle Zwecke unter vollständiger Angabe der Autoren und der Quelle gestattet

Dieser Practice Guide wurde im Rahmen des Horizon 2020 Projekts Legumes Translated erstellt. Dieses Projekt erhält von der Europäischen Union finanzielle Unterstützung (Projektnummer: 817634)