

Verein zur Förderung agrar- und stadökologischer Projekte e. V
Ausführende Stelle: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte
an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

Konzeptstudie zur Erzeugung von Trockenfutt- mitteln aus konservierten Nebenprodukten der Süß- wasserfischverarbeitung und deren Verwertung durch karnivore Wirtschaftsfischarten

Abschlussbericht über eine Konzeptstudie,
gefördert unter dem Az: 28114 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dr.-Ing. Rafael Valbuena
Dr. Felicitas Bechstein
Dipl.-Ing. Adam Erdös
Dr. Andreas Müller-Belecke
Dipl.-Ing. Fischwirt. Wilfried Donath
M. Sc. Sebastian Kaufhold

Dezember 2012

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	28114	Referat	34	Fördersumme	114.747 €
----	--------------	---------	-----------	-------------	------------------

Antragstitel **Förderinitiative Aquakultur: Konzeptstudie zur Erzeugung von Trockenfuttermitteln aus konservierten Nebenprodukten der Süßwasserfischverarbeitung und deren Verwertung durch karnivore Wirtschaftsfischarten**

Stichworte

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
14 Monate	01.09.2011	31.10.2012	1

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	Verein zur Förderung agrar- und stadtoökologischer Projekte (A.S.P.) e. V.	Tel	030 / 2093 9061
		Fax	030 / 2093 9065
	Philippsstraße 13, Haus 16 10115 Berlin	Projektleitung	Dr. Rafael Valbuena
		Bearbeiter	

Kooperationspartner Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow (IfB)
Im Königswald 2, 14469 Potsdam

Teichwirtschaft Lohsa GmbH
Schloßstraße 17, 02943 Boxberg OT Uhyst

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Auf Grund der stark dezimierten, natürlichen Fischbestände sind Fischmehl und Fischöl limitierende Rohstoffkomponenten in der Trockenfuttermittelherstellung für die nachhaltige Aquakulturproduktion. Das geförderte Vorhaben, eine Konzeptstudie, sollte die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten untersuchen, die anfallenden Nebenprodukte aus der regionalen Süßwasserfischverarbeitung direkt in den Erzeugerbetrieben mittels Silieren zu konservieren, die konservierten Nebenprodukte zentral oder dezentral bei der Herstellung von Trockenfuttermitteln zu nutzen und diese so als Protein- und Fettquelle in der Fischernährung, insbesondere von karnivoren Fischarten, zu verwerten.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Der A.S.P und der Praxisbetrieb Teichwirtschaft Lohsa GmbH haben gemeinsam Fischnebenprodukte mittels Silieren (biologisch und chemisch) konserviert. Diese Vorgehensweise erlaubte es, die praxisrelevanten Betriebsabläufe von Beginn an hinreichend zu berücksichtigen. Die Möglichkeit, aus den silierten Nebenprodukten Öl abzutrennen, und die Ölqualität wurden untersucht. Das finale Produkt (Silage) war hinsichtlich seiner Weiterverarbeitungsmöglichkeit zu charakterisieren. Zu diesem Zweck wurden daraus Trockenfuttermittel für karnivore Wirtschaftsfischarten (z. B. Regenbogenforellen und Zander) im kleinen Maßstab hergestellt. Zur Qualitätsbeurteilung der produzierten Trockenfuttermittel wurden neben der Analyse der chemischen Zusammensetzung ebenfalls Untersuchungen der Palatabilität (beim Kooperationspartner IfB) und zur mikrobiologischen Beschaffenheit durchgeführt. Für die ökonomische Bewertung des Konservierungsverfahrens und der Futtermittelherstellung aus der Silage wurden die erforderlichen Bilanzen erstellt. Zur besseren Beurteilung der Machbarkeit der Silierung in den zahlreichen kleinen Teichwirtschaftsbetrieben und bei Salmonidenerzeugern in Deutschland sowie der zentralen oder dezentralen Weiterverarbeitung der Silage zu Fischfutter wurden, unter Berücksichtigung der o. g. Ergebnisse und der wirtschaftlichen Strukturen im Sektor, nicht-standardisierte Experteninterviews (Face-to-Face-Befragung, Telefoninterviews) in repräsentativ ausgewählten Aquakulturbetrieben, Futtermittelwerken sowie in einem Fischmehlwerk durchgeführt und ausgewertet. Für die Nachhaltigkeitsbewertung des Projekts wurde dieses vom Öko-Institut e. V, Freiburg, wissenschaftlich begleitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Fischnebenprodukte (FNP) enthielten im Durchschnitt ca. 38 % Trockensubstanz, 19 % Rohfett und 14 % Rohprotein. Die Versuche zeigten, dass über das chemische (mit Ameisensäure) oder biologische Silieren (mit milch- und essigsäurebildenden Bakterienkulturen) eine Lagerung der FNP bei Raumtemperatur über mehrere Monate möglich ist, und die Produkte die allgemeinen gesetzlichen mikrobiologischen Anforderungen für verarbeitete tierische Nebenprodukte der Kategorie 3 (Verordnung (EU) Nr. 142/2011) erfüllen. Während für die biologische Silierung eine Wärmebehandlung unbedingt nötig ist, ist diese für die Haltbarkeit der chemisch silierten Produkte nicht zwingend erforderlich. Bei den nicht wärmebehandelten, chemisch silierten Produkten laufen aber verstärkt Maillard-analoge Reaktionen ab, die zu dunkleren Produkten führen. Bei diesen Produkten, als Ergebnis der vorhandenen Aktivität von nativen Enzymen, traten ebenfalls eine deutliche Verflüssigung des Materials und eine Zunahme der Konzentration an freien Aminosäuren auf. Nicht thermisch behandelte Proben sind dadurch besser verdaulich und erlauben eine leichtere Abtrennung der Ölphase. Wegen der insgesamt einfacheren Handhabung und niedrigerer Kosten ist die chemische Silierung der biologischen Silierung vorzuziehen. Der tiefere pH-Wert und die starke antimikrobielle Wirkung von Ameisensäure garantieren außerdem eine größere mikrobiologische Stabilität. Eine erste Kostenschätzung lässt das Silieren als ökonomisch tragfähig erscheinen. Nach der vom Öko-Institut e. V. durchgeführten, orientierenden Ökobilanzierung der Silierung von FNP verursacht die chemische Silierung (ohne Wärmebehandlung) im Vergleich zur biologischen Silierung (mit Wärmebehandlung) und insbesondere zur Tiefkühlagerung die geringsten Mengen an Treibhausgasemissionen.

Aus den silierten FNP konnten Öle mit einem Abtrennungsgrad von bis zu 73,3% gewonnen werden. Die Öle der silierten Proben sind bei Ergreifung oxidationsstabilisierender Maßnahmen von sehr guter Qualität. Der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren zeigt, dass die Öle aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr wertvoll sind. Ihre Qualität ist vergleichbar mit der von marinen Fischarten.

Unter Beimengung flüssigkeitsbindender Komponenten (weitere Proteine und Weizenmehl) wurde eine Technologie zur Herstellung von Trockenfutterpellets aus den silierten FNP aufgezeigt. Die hergestellten Futterpellets hatten weitgehend die Komposition und die typischen Eigenschaften von konventionellen Futterpellets für karnivore Fischarten und wiesen die nach der Verordnung 142/2011 erforderliche mikrobiologische Beschaffenheit auf. Palatabilitätsversuche mit selbst hergestellten Trockenfutterpellets zeigten, dass diese eine interessante Möglichkeit darstellen, konventionelle Futtermittel in der Forellenerzeugung zu ersetzen oder zu supplementieren. Für eine Anwendung der Pellets als Zanderfutter ist eine Optimierung der Pelletzusammensetzung und des Herstellungsprozesses vorzunehmen. Insbesondere ist auf die Oxidationsstabilisierung enthaltener Fette zu achten.

Bei der deutschlandweiten Befragung war die große Mehrheit der beteiligten Aquakulturbetriebe an der Verwertung der Fischnebenprodukte stark interessiert, schätzte die vorgestellte Silierungstechnologie als praktikabel ein und war zur chemischen Silierung der Fischnebenprodukte im eigenen Unternehmen bereit. Eine dezentrale Herstellung von Trockenfutterpellets wurde aufgrund ihres sensiblen Charakters und der erforderlichen hohen Futterqualität mehrheitlich abgelehnt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Ergebnisse des Projekts wurden im Rahmen der Langen Nacht der Wissenschaften in Berlin (02.06.2012), während der Woche der Umwelt 2012 (05.-06.06.2012) und bei einer durchgeführten bundesweiten Befragung jeweils vor leitendem Personal von 25 Praxisbetrieben vorgestellt. Die Veröffentlichung der Projektergebnisse in einer Fachzeitschrift ist geplant.

Fazit

Das Silieren ist ein geeignetes Verfahren zur Konservierung von FNP und gestattet eine mehrmonatige Lagerung bei Raumtemperatur. Über die Zumischung von weiteren Proteinen und Getreidemehl können aus der Silage Trockenfutterpellets für karnivore Fischarten hergestellt werden. Die Mehrzahl von befragten Aquakulturbetrieben ist zur chemischen Silierung im eigenen Unternehmen bereit. Jedoch sollte die Herstellung von Trockenfutterpellets aufgrund des sensiblen Herstellungsprozesses zentral erfolgen. Eine praxisnahe Kostenkalkulation sowie eine weitergehende Überprüfung der aus Silage hergestellten Futtermittel hinsichtlich Wachstumsleistungen, Schlachtkörpermerkmalen und einer möglichen Übertragung viraler Krankheiten bei ihrem Einsatz stellen auf dem Weg zu einer Anwendung in der Praxis die nächsten wichtigen Schritte dar.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	11
2	Einleitung	12
3	Bereitstellung und Silierung von Fischnebenprodukten	13
3.1	Zielstellung	13
3.2	Analytische Untersuchungsmethoden	14
3.3	Menge und Zusammensetzung von Fischnebenprodukten	15
3.4	Versuche zur Silierung von Fischnebenprodukten	18
3.5	Ergebnisse und Bewertung der silierten Fischnebenprodukte	21
4	Ökonomische Bewertung der Silageherstellung	31
4.1	Ziele und Methode	31
4.2	Ergebnisse und Vergleich mit anderen Konservierungsmethoden.....	33
5	Trockenfutter aus den silierten Fischnebenprodukten	34
5.1	Ziel und allgemeines Verfahren zur Trockenfutterherstellung	34
5.2	Zusammensetzung des hergestellten Trockenfutters	35
5.3	Ergebnisse und Auswertung	36
6	Palatabilität des hergestellten Trockenfutters	37
6.1	Ziele und Versuchsbeschreibung.....	37
6.2	Ergebnisse und Auswertung	40
7	Einschätzung der Machbarkeit der Silierung und Trockenfutterherstellung in deutschen Betrieben der Aquakultur	41
7.1	Zielstellung und Herangehensweise	41
7.2	Möglichkeiten der Vor-Ort-Konservierung von Fischnebenprodukten in den Erzeugerbetrieben.....	45
7.3	Möglichkeiten zur dezentralen oder zentralen Verarbeitung der konservierten Fischnebenprodukte zu Trockenfuttermitteln.....	48
8	Ökologische, technologische und ökonomische Gesamtbewertung des Vorhabens	49
9	Öffentlichkeitsarbeit	50
10	Fazit.....	51
11	Literatur	54
Anhänge		58
Anhang 1:	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	58
Anhang 2:	Aminosäurespektrum diverser Fischsilagen	61
Anhang 3:	Fettsäurespektrum diverser Fischnebenprodukte und Silagen	62
Anhang 4:	Interviewleitfaden zur Befragung von Fischzuchtbetrieben	63
Anhang 5:	Interviewleitfaden zur Befragung von Futtermittelwerken.....	66
Anhang 6:	Interviewleitfaden zur Befragung eines Fischmehlwerks.....	68
Anhang 7:	Charakterisierung der befragten Unternehmen bezüglich ihrer Produktions- und Verarbeitungsstrukturen.....	70

Anhang 8: Bereitschaft der befragten Unternehmen zur Silierung und/oder Pelletierung 74

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fachgerechtes Filetieren eines Saiblings: (1) Anschnitt längs zur Wirbelsäule und abtrennen vom Grätengerüst; (2) Abtrennung des Bauchlappens; (3) Enthäuten.....	16
Abbildung 2: (A) Ganze weibliche Saiblinge; (B) Anfallende Nebenprodukte beim Filetieren weiblicher Saiblinge; Filet mit Haut (C) und Nebenprodukte (D) männlicher Saiblinge	16
Abbildung 3: Verwendete Karkassen und Innereien (A), Arbeitsschritte: Vorzerkleinern (B) und Wolfen (C), gewolfte Fischnebenprodukte (D)	18
Abbildung 4: Fermentationsbehälter für die biologische Silierung (links: Laborversuche, rechts: Praxisversuche)	20
Abbildung 5: Chemisch silierte Proben am Erstellungstag (oben) und nach 4-wöchiger Dunkellagerung.....	21
Abbildung 6: Anteil an freien und gebundenen Aminosäuren in ausgewählten silierten Proben	23
Abbildung 7: Zusammenfassung der ermittelten Fettsäuren von Fischnebenprodukten aus Salmoniden und einigen Silagen daraus in Fettsäuregruppen (Relativer Fehler: $\pm 5\%$).....	25
Abbildung 8: Bestimmungen zum Oxidationszustand über die Anisidinzahl und Thiobarbitursäurezahl von Fischölen aus verschiedenen Silagen nach einer Lagerzeit von ca. 6 Monaten	26
Abbildung 9: Verlauf des pH-Wertes bei der biologischen und bei der chemischen Silierung.....	27
Abbildung 10: Verfahrens- und Massenfließbilder für die chemische (links) und biologische (rechts) Silierung von Fischnebenprodukten	33
Abbildung 11: Verfahrens- und Massenfließbild der Pelletherstellung aus chemisch silierten Fischnebenprodukten	35
Abbildung 12: Schematische Darstellung des Netzgeheges mit eingehängtem Futtertisch	38
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Haltungseinrichtung für den Zander	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Prozentualer Masseanteil der Hauptkörperteile, bezogen auf das Lebendgewicht in Forellen und Karpfen	17
Tabelle 2:	Prozentualer Masseanteil der Fischnebenprodukte (FNP), bezogen auf das Lebendgewicht bei der Produktion von Saiblingfilet	17
Tabelle 3:	Zusammensetzung von Fischnebenprodukten aus karnivoren Fischarten	17
Tabelle 4:	Varianten zur chemischen Silierung mit Ameisensäure	19
Tabelle 5:	Varianten zur biologischen Silierung	20
Tabelle 6:	Zusammensetzung von ausgewählten silierten Proben	22
Tabelle 7:	Effektivität der Ölabtrennung aus thermisch unbehandelten Silagen durch Sedimentation und Zentrifugation bei 15000 g für 15 Minuten	24
Tabelle 8:	Fettsäurespektren von Fischölen, die gewöhnlich für die Produktion von Aquakultur-Futtermitteln eingesetzt werden im Vergleich zu eigenen Untersuchungen an Schlachtnebenprodukten der Salmonidenverarbeitung. Rot markierte Werte stimmen mit den Werten für die gewöhnlichen Fischarten überein.	26
Tabelle 9:	Mikrobiologische Untersuchung von silierten FNP	29
Tabelle 10:	Kostenkalkulation für die Verarbeitung von 100 kg FNP zu Silage, ausgehend von einer jährlichen Verarbeitung von 50 t FNP	32
Tabelle 11:	Zusammensetzung hergestellter Trockenfutter für karnivore Fischarten	36
Tabelle 12:	Mikrobiologische Untersuchung von Trockenfutter aus silierten Fischnebenprodukten	37
Tabelle 13:	Für die Palatabilitätsuntersuchung eingesetzte Trockenfuttermittel aus silierten FNP	38

Abkürzungsverzeichnis

ALA	α -Linolensäure
AnZ	Anisidinzahl
AOCS	American Oil Chemists' Society
A.S.P.	Verein zur Förderung agrar- und stadtökologischer Projekte e. V.
BHT	Butylhydroxytoluol
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
DHA	Docosahexaensäure
Diss.	Dissertation
Durchs.	Durchschnitt
E	Code für Zusatzstoffe in der Europäischen Union
EG-Nr.	Code für Zusatzstoffe in der Europäischen Union
EPA	Eicosapentaensäure
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FNP	Fischnebenprodukte
FuttMV	Futtermittelverordnung
g	Gramm
GC	Gaschromatographie
Gesamt-N	Gesamtstickstoffgehalt
IASP	Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität
IBC	Intermediate Bulk Container
IfB	Institut für Binnenfischerei e. V.
IFOS	International Fish Oil Standards
IHN	Infektiöse hämatopoetische Nekrose
ISA	Infectious Salmon Anemia (Infektiöse Anämie der Lachse)
KbE	Koloniebildende Einheiten
KHV	Koi-Herpesvirusinfektion
L	Liter
LC/MS	Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
LC-PUFA	Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids (langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren)
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
LFGB	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch
Max.	Maximum
MDA	Malondialdehyd
MHK	minimale Hemmkonzentration
Min.	Minimum
min	Minuten
NaOH	Natriumhydroxid
NH ₄ -N	Ammoniumstickstoffgehalt
n.n.	nicht nachweisbar
Nr.	Nummer
oTS	Organischer Anteil der Trockensubstanz
RT	Raumtemperatur

SFA	Saturated fatty acids (Gesättigte Fettsäuren)
St.	Stück
Std.	Stunden
T	Temperatur
t	Zeit
TBZ	Thiobarbitursäurezahl
TK-Lagerung	Tiefkühlagerung
TN	Gesamt-Stickstoff
TS	Trockensubstanz
VHS	Virale hämorrhagische Septikämie
VO	Verordnung
Wo.	Wochen
°C	Grad Celcius
% (w/w)	Massenprozent

1 Zusammenfassung

Auf Grund der stark dezimierten, natürlichen Fischbestände sind Fischmehl und -öl limitierende Rohstoffkomponenten in der Trockenfuttermittelherstellung für die nachhaltige Aquakulturproduktion. Das Vorhaben, eine von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Konzeptstudie (Az: 28114), sollte die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten untersuchen, die anfallenden Nebenprodukte aus der regionalen Süßwasserfischverarbeitung direkt in den Erzeugerbetrieben mittels Silieren zu konservieren, die konservierten Nebenprodukte zentral oder dezentral bei der Herstellung von Trockenfuttermitteln zu nutzen und diese so als Protein- und Fettquelle in der Fischernährung, insbesondere von karnivoren Fischarten, zu verwerten. Zusammen mit seinen Kooperationspartnern, der Teichwirtschaft Lohsa GmbH und dem Institut für Binnenfischerei e.V., erprobte der Verein zur Förderung agrar- und stadtoökologischer Projekte (A.S.P.) die chemische und die biologische Silierung. Des Weiteren wurden qualitätsbestimmende Parameter des Fischöls sowie Möglichkeiten seiner Abtrennung aus der Silage untersucht. Unter Beimengung flüssigkeitsbindender Komponenten waren aus der Silage Trockenfuttermittel für Forelle und Zander im kleinen Maßstab herzustellen und Massen- und Verfahrensliefbilder zu erstellen. Zur besseren Beurteilung der Machbarkeit der Verfahren wurden nicht standardisierte Experteninterviews in repräsentativ ausgewählten Aquakulturbetrieben, Futtermittelwerken sowie in einem Fischmehlwerk durchgeführt. Für die Nachhaltigkeitsbewertung des Projekts wurde dieses vom Öko-Institut e. V, Freiburg, wissenschaftlich begleitet.

Die untersuchten Fischnebenprodukte (FNP) enthielten im Durchschnitt ca. 38 % Trockensubstanz, 19% Rohfett und 14 % Rohprotein. Über beide Silierverfahren war eine Lagerung der FNP bei Raumtemperatur über mehrere Monate möglich. Die Produkte erfüllten die allgemeinen gesetzlichen mikrobiologischen Anforderungen. Während für die biologische Silierung eine Wärmebehandlung unbedingt nötig ist, ist diese für die Haltbarkeit der chemisch silierten Produkte nicht zwingend erforderlich. Aufgrund der insgesamt einfacheren Handhabung und niedrigerer Kosten ist die chemische Silierung der biologischen Silierung vorzuziehen. Aus den silierten FNP konnten Öle mit einem Abtrennungsgrad bis zu 73,3% gewonnen werden. Die Öle der silierten Proben sind bei Ergreifung oxidationsstabilisierender Maßnahmen von sehr guter Qualität. Der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren zeigt, dass die Öle aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr wertvoll sind. Eine erste Kostenschätzung lässt das Silieren als ökonomisch tragfähig erscheinen. Nach der vom Öko-Institut e.V. durchgeführten orientierenden Ökobilanzierung verursacht die Silierung geringere Mengen an Treibhausgasemissionen im Vergleich zur Tiefkühlagerung.

Die hergestellten Futterpellets hatten weitgehend die Komposition und Eigenschaften von konventionellen Futterpellets. Palatabilitätsversuche zeigten, dass die neuen Futtermittel eine interessante Möglichkeit darstellen, konventionelle Futtermittel in der Forellenerzeugung zu ersetzen oder zu supplementieren. Für eine Anwendung der Pellets als Zanderfutter ist noch eine Optimierung vorzunehmen.

Bei der deutschlandweiten Befragung war die große Mehrheit der beteiligten Aquakulturbetriebe an der Verwertung der Fischnebenprodukte stark interessiert, schätzte die vorgestellte Silierungstechnologie als praktikabel ein und war zur chemischen Silierung der Fischnebenprodukte im eigenen Unternehmen bereit. Eine dezentrale Herstellung von Trockenfutterpellets wurde mehrheitlich abgelehnt, da die vielfältigen qualitativen Ansprüche daran ein hohes Maß an Fachwissen und Technik erfordere. Eine praxisnahe Kostenkalkulation sowie eine weitergehende Überprüfung der aus Silage hergestellten Futtermittel hinsichtlich Wachstumsleistungen, Schlachtkörpermerkmale und mögliche Übertragung viraler Krankheiten bei ihrem Einsatz stellen auf dem Weg zu einer Anwendung in der Praxis die nächsten wichtigen Schritte dar.

2 Einleitung

Fisch liefert 16,6% der jährlich von der Weltbevölkerung mit der Nahrung aufgenommenen tierischen Proteine. Mit ca. 46% stammt rund die Hälfte der Welt-Fischproduktion für Nahrungszwecke aus der Aquakultur (FAO 2012). Die in der Aquakultur eingesetzten Futtermittel bestehen zu einem großen Teil aus Fischmehl und Fischöl, die fast ausschließlich aus Meeresfischen gewonnen werden. Auf Grund der stark dezimierten, natürlichen Fischbestände (Umwelteinflüsse und Überfischung als Hauptursache) sind Fischmehl und insbesondere auch Fischöl limitierende Rohstoffkomponenten in der Trockenfuttermittelherstellung für die nachhaltige Aquakulturproduktion. Marktübliche Trockenfuttermittel für karnivore Wirtschaftsfischarten weisen Rohproteingehalte um 45% und Rohfettgehalte um 20% auf. Bis zu einem gewissen Grad können in Futtermitteln für karnivore Fischarten pflanzliche Fette und Eiweiße ohne negative Einflüsse auf Wachstumsvermögen, Gesundheitszustand und Produktqualität eingesetzt werden. Auf tierische Futterbestandteile, insbesondere auf Fischproteine und Fischöl, kann derzeit jedoch in aller Regel noch nicht verzichtet werden

Bei der Schlachtung von Süßwasserfischen fallen Nebenprodukte in Höhe von 10 – 55% der Fischbiomasse an — bei einer Jahreserzeugung der Süßwasseraquakultur in Deutschland von knapp 44.000t (Brämick 2009) kann es um erhebliche Stoffströme gehen. Gängige Praxis in den deutschen verarbeitenden Unternehmen ist derzeit deren kostenpflichtige Entsorgung (thermische Verwertung) über eine Fremdfirma. Diese Nebenprodukte sind reich an Proteinen und an ernährungsphysiologisch wichtigen Omega-*n*-Fettsäuren in den Ölen. Aus ökologischer Sicht sollten alle Bestrebungen dahin gehen, Fischöl und Fischprotein beinhaltende Nebenprodukte als wertvolle Rohstoffkomponenten der Trockenfuttermittelherstellung zuzuführen. Die Nutzung der Fischnebenprodukte zur Futterherstellung würde einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft, regionalen Entwicklung und Kostensenkung in der Aquakultur (die Futtermittelkosten machen bis 50% der Produktionskosten aus) leisten. Zusammen mit seinen Kooperationspartnern, der Teichwirtschaft Lohsa GmbH und dem Institut für Binnenfischerei e.V. (IfB), untersuchte der Verein zur Förderung agrar- und stadtoökologischer Projekte e. V. (A.S.P.) im Rahmen einer Konzeptstudie die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, die anfallenden Nebenprodukte aus der regionalen Süßwasserfischverarbeitung direkt in den Erzeugerbetrieben mittels Silierung zu konservieren, die konservierten Nebenprodukte zentral oder dezentral bei der Herstellung von Trockenfuttermitteln zu nutzen und diese so als Protein- und Fettquelle zu verwerten. Das Vorhaben, eine Konzeptstudie, sollte die Machbarkeit dieses Verwertungsweges in Praxisbetrieben einschätzen und zur möglichen Etablierung einer Infrastruktur zur Konservierung, Lagerung und Verarbeitung von Nebenprodukten aus der Süßwasserfischverarbeitung beitragen.

Das Vorhaben baute auf Laborergebnissen zur Konservierung und Pelletierbarkeit von Nebenprodukten aus der Schlachtung von Karpfen eines vorangegangenen, realisierten Projektes (IASP 2006) auf. In der Teichwirtschaft in Deutschland beträgt der Anteil des Karpfens an der Abfischungsmenge mehr als 90% (Brämick 2009). Daraus resultiert eine starke Abhängigkeit von der Produktionssicherheit sowie den Produktionskosten und Absatzpreisen einer einzigen Art. Vor dem Hintergrund einer sinkenden Nachfrage nach Speisekarpfen, insbesondere in jüngeren Bevölkerungsschichten, wird nach alternativen Bewirtschaftungsformen gesucht, die auch die Erzeugung ökonomisch interessanter, stark nachgefragter karnivorer Fischarten wie etwa des heimischen Zanders mit einbeziehen. Wie Untersuchungen am IfB in den letzten Jahren zeigten, ist es mittlerweile möglich, Zander ohne den Einsatz von Hormonpräparaten kontrolliert zu vermehren, an Trockenfuttermittel zu adaptieren und hiermit bei überragender Futtermittelverwertung bis zur Speisefischgröße aufzuziehen (Müller-Belecke / Zienert 2008, Zienert / Heidrich 2005). Eine ökonomisch vertretbare Aufzucht karnivorer Fischarten setzt den Einsatz pelletierter Trockenfuttermittel voraus, die gegenüber Feuchtfuttermitteln und Futter-

fischen stets verfügbar und problemlos lagerfähig sind. Der Einsatz von Feuchtfuttermitteln verbietet sich weiterhin aufgrund ihres erheblichen Wasserbelastungspotenzials auch aus ökologischer Sicht (Schreckenbach 2000). Das jetzige Vorhaben sollte insbesondere die Fütterungsansprüche von karnivoren Fischarten berücksichtigen und zur Nachhaltigkeit ihrer Kultivierung einen Beitrag leisten.

Der A.S.P und der Praxisbetrieb Teichwirtschaft Lohsa GmbH hatten zum Projektanfang die Aufgabe, gemeinsam Fischnebenprodukte mittels Silieren (chemische und biologische Silierung) zu konservieren. Diese Vorgehensweise hatte das Ziel, die praxisrelevanten Betriebsabläufe von Beginn an hinreichend zu berücksichtigen. Die Möglichkeit, aus den silierten Nebenprodukten Öl abzutrennen, war dabei zu testen. Das finale Produkt (Silage) war hinsichtlich seiner Weiterverarbeitungsmöglichkeit zu charakterisieren. Zu diesem Zweck sollten daraus Trockenfuttermittel für karnivore Wirtschaftsfischarten (Regenbogenforellen und Zander) im kleinen Maßstab hergestellt werden. Zur Qualitätsbeurteilung der produzierten Trockenfuttermittel waren neben der Analyse der chemischen Zusammensetzung ebenfalls Untersuchungen der Palatabilität (bei dem Kooperationspartner IfB) und zur mikrobiologischen Beschaffenheit durchzuführen. Für eine erste ökonomische Bewertung des Konservierungsverfahrens und der Futtermittelherstellung aus der Silage waren die erforderlichen Bilanzen zu erstellen.

Zur besseren Beurteilung der Machbarkeit der Silierung in den zahlreichen kleinen Teichwirtschaftsbetrieben und bei Salmonidenerzeugern in Deutschland sowie der zentralen oder dezentralen Weiterverarbeitung der Silage zu Fischfutter waren unter Berücksichtigung der o. g. Ergebnisse nicht standardisierte Interviews in repräsentativ ausgewählten Betrieben der Teichwirtschaft, Salmonidenerzeugung und Futterherstellung durchzuführen und auszuwerten.

Die Projektbearbeitung sollte im Rahmen von 9 Arbeitspaketen erfolgen:

1. Bereitstellung von Nebenprodukten aus der Süßwasserfischverarbeitung
2. Generierung von Silage aus Fischnebenprodukten
3. Ökonomische Bewertung der Silageherstellung
4. Herstellung von verschiedenen Trockenfuttermitteln aus den konservierten Fischnebenprodukten im Kleinmaßstab
5. Prüfung der Palatabilität erster Trockenfuttermittel
6. Datenerfassung zu Teichwirtschaftsbetrieben, Betrieben mit Durchlaufanlagen zur Salmonidenerzeugung und Fischfuttermittelwerken in Deutschland
7. Prüfung der Möglichkeiten der vor Ort Konservierung der Fischnebenprodukte in den Erzeugerbetrieben (Durchführung und Auswertung von Befragungen)
8. Prüfung der Möglichkeiten zur dezentralen (vor Ort) oder zentralen Verarbeitung der konservierten Fischnebenprodukte zu Trockenfuttermitteln (Durchführung und Auswertung von Befragungen)
9. Berichterstellung.

3 Bereitstellung und Silierung von Fischnebenprodukten

3.1 Zielstellung

Der in der Regel stark saisonale Charakter des Nebenprodukthanfalls in der Süßwasserfischverarbeitung erfordert Technologien, die schnell und wirtschaftlich die Haltbarmachung dieser Reststoffe erlauben. Die chemische und biologische Silierung (Einstellung von sauren Bedingungen zur Haltbarmachung) als Konservierungsvarianten waren zu erproben. Zu diesem Zweck und in Zusammenarbeit mit dem Praxispartner, der Teichwirtschaft Lohsa GmbH, sollten entsprechende Nebenprodukte aus der praxisüblichen Schlachtung und Verarbeitung abgeführt, abgewogen und siliert werden. Bei der chemischen Silierung (mit Ameisensäure) war die Rolle einer Hitze-Vorbehandlung und einer unterschiedlichen Zerkleinerung zu untersuchen. Bei der biologischen Silierung (mit Melasse und Bak-

terienkulturen, die den Zucker in Säure umwandeln) waren insbesondere verschiedene Mikroorganismenstämme und Melassekonzentrationen zu testen. Die Silierversuche sollten sowohl im Labormaßstab als auch, bei ausgewählten Varianten, mit größeren Rohstoffmengen direkt in dem Praxisbetrieb erfolgen. Die Qualität der silierten Produkte sollte geprüft und verglichen werden. Dabei war der Einfluss der Lagerungszeit zu berücksichtigen. Weiterhin sollte die Möglichkeit zur Ölabtrennung aus den silierten Fischnebenprodukten getestet werden. Massen- und Fließbilder als Grundlage für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit waren zu erstellen.

3.2 Analytische Untersuchungsmethoden

Für die Analysen wurden folgende Methoden eingesetzt:

- Trockensubstanz (TS) und Wassergehalt
Die Bestimmung der TS bzw. des Wassergehalts erfolgte durch Trocknung bei $105\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ bis zur Gewichtskonstanz (entsprechend DIN 10453).
- organische Trockensubstanz (oTS) und Rohaschegehalt
Die Bestimmung des organischen Anteils der Trockensubstanz (oTS) erfolgte durch Ermittlung des Glühverlusts einer getrockneten Probe (Veraschung bei 550 °C bis zur Gewichtskonstanz). Der Rohaschegehalt ist der prozentuale Anteil des Glührückstandes (Asche) in Bezug auf das Anfangsgewicht der Probe (vor der Trocknung und Veraschung) oder in der Trockensubstanz.
- Gesamtstickstoffgehalt (Gesamt-N)
Der Gesamt-N wurde nach Kjeldahl bestimmt. Die eingewogene Probe wird mit konzentrierter Schwefelsäure, Kaliumsulfat und Kupfer-(II)-sulfat als Katalysator aufgeschlossen, wobei der organisch gebundene Stickstoff in Ammoniumsulfat übergeführt wird. Durch Zugabe von Natronlauge zum abgekühlten Aufschluss wird Ammoniak freigesetzt, abdestilliert und in einer Vorlage, die einen ausreichend hohen Gehalt an Borsäure aufweist, aufgefangen. Diese Lösung wird mit einer Schwefelsäurelösung titriert. Der Stickstoffgehalt ist äquivalent zur Menge des freigesetzten Ammoniaks.
- Ammoniumstickstoffgehalt ($\text{NH}_4\text{-N}$)
Der Ammoniumstickstoff ist der in Form von Ammonium auftretende Stickstoffanteil. Der $\text{NH}_4\text{-N}$ wurde ebenfalls nach Kjeldahl bestimmt, aber im Unterschied zu der Gesamtstickstoffbestimmung erfolgte kein vorheriger Aufschluss der Probe.
- Rohproteingehalt
Zur Umrechnung des Rohproteingehalts wurde die Differenz zwischen Gesamt-N und $\text{NH}_4\text{-N}$ mit dem Faktor 6,25 multipliziert.
- Rohfettgehalt
Die Rohfettbestimmung (modifiziert nach Bligh-Dyer) erfolgte gravimetrisch nach mehrmaliger Extraktion unter Anwendung definierter Mengen von Methanol und Chloroform als Lösungsmittel. Die Fette wurden in der Chloroformphase angereichert und nach Abdestillieren des Chloroforms eingewogen.
- Zucker
Die Bestimmung erfolgte nach Luff-Schoorl. Die reduzierenden Zucker werden in carbonatalkalischer Lösung in Anwesenheit von Cu^{2+} -Ionen oxidiert.

- Freie Aminosäuren
Die freien Aminosäuren wurden über eine Wasserextraktion abgetrennt. Die Bestimmung des Aminosäurespektrums im Extrakt erfolgte mittels LC/MS nach § 64 des LFGB (Bestimmung durch ein externes Labor).
- Gebundene Aminosäuren
Nach der sauren Hydrolyse der Probe fand die Bestimmung des Aminosäurespektrums mittels LC/MS nach § 64 des LFGB statt. Zur Berechnung der gebundenen Aminosäuren wurden die freien Aminosäuren aus dem jeweiligen Aminosäure-Gesamtgehalt abgezogen (Bestimmung durch ein externes Labor).
- Fettsäuren
Mittels GC nach der AOCS-Standardmethode Ce 1b-89 (Bestimmung durch ein externes Labor).
- Anisidinzahl
Die Bestimmung der Anisidinzahl (AnZ) wurde nach der Internationalen Norm ISO 6885:2006 durchgeführt. Sie dient als Maß an – vorwiegend α,β -ungesättigten – Aldehyden in tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen. Aldehyde zählen unter anderem zu den sekundären Abbauprodukten der Autoxidation von Ölen und Fetten, die vor allem für die Ranzigkeit verantwortlich sind. Die dimensionslose Anisidinzahl ist definiert als die hundertfache Extinktionserhöhung, gemessen bei einer Wellenlänge von 350 nm in einer 10-mm-Küvette an einer Prüflösung nach der Reaktion mit p-Anisidin unter den in dieser Internationalen Norm festgelegten Untersuchungsbedingungen.
- Thiobarbitursäurezahl
Die Bestimmung der Thiobarbitursäurezahl (TBZ) erfolgte nach der Methode für pflanzliche und tierische Fette und Öle von PEGG (Pegg 2001). Sie ist ein Indikator für den autoxidativen Zerfall von Ölen und Fetten. Die Bestimmung beruht auf der Bildung eines spektrophotometrisch messbaren roten Farbstoffes durch Thiobarbitursäure mit Malondialdehyd (MDA), welches ein Sekundärprodukt der Autoxidation von mindestens dreifach ungesättigten Fettsäuren darstellt. Die TBZ gibt daher den Gehalt an MDA im Öl in mg/kg an.
- Ermittlung des Keimgehaltes
Die Bestimmung des Keimgehaltes an Clostridium perfringens, Enterobacteriaceae und Salmonellen wurde nach Prüfmethode aus der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren (§ 64 des LFGB) durchgeführt. Die jeweilige Kennzeichnung der Verfahren ist die Folgende:
Für Clostridium perfringens: L00.00-57
Für Enterobacteriaceae: L00.00-133/2
Für Salmonellen: L00.00-20
(Bestimmung durch ein externes Labor)

3.3 Menge und Zusammensetzung von Fischnebenprodukten

Die bei der Schlachtung und Verarbeitung anfallende Menge an Fischnebenprodukten (FNP) ist von der Fischart, vom -alter, -geschlecht, von der -fütterung und vom Enderzeugnis (z.B. ausgenommen mit oder ohne Kopf, Filet mit oder ohne Haut) abhängig. Bei Süßwasserfischen fallen Schlachtreste in der Größenordnung von 10 bis 50 % der Anfangsfischbiomasse an. Die Tabelle 1 zeigt den Masseanteil der Hauptkörperteile in Forellen und Karpfen.

Abhängig von der saisonalen Verarbeitung beim Praxispartner wurde die Ausbeute an FNP beim Filetieren von Saibling bestimmt. Jeweils fünf männliche und fünf weibliche Saiblinge (ca. 2 Jahre alt)

wurden zunächst gewogen und anschließend von einer Fachkraft fachgerecht filetiert, wie es in der Abbildung 1 dargestellt ist. Die nach dem Filetieren zurückbleibenden Nebenprodukte (Karkasse mit anhängenden Innereien und Gonaden) wurden erneut gewogen, um aus den ermittelten Werten den Anteil an den beim Filetieren von diesen Salmoniden anfallenden Nebenprodukten zu bestimmen.

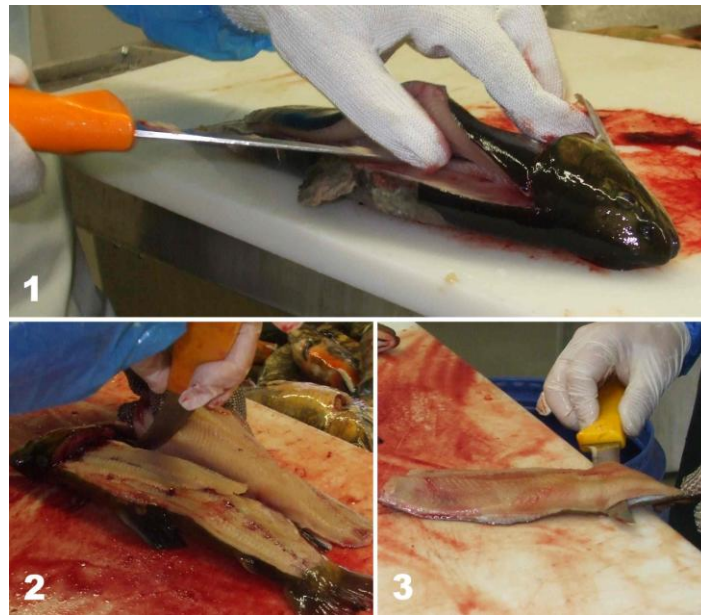


Abbildung 1: Fachgerechtes Filetieren eines Saiblings: (1) Anschnitt längs zur Wirbelsäule und abtrennen vom Grätengerüst; (2) Abtrennung des Bauchlappens; (3) Enthäuten



Abbildung 2: (A) Ganze weibliche Saiblinge; (B) Anfallende Nebenprodukte beim Filetieren weiblicher Saiblinge; Filet mit Haut (C) und Nebenprodukte (D) männlicher Saiblinge

Abbildung 2 zeigt die ganzen weiblichen Saiblinge (A) und die bei der Filetierung anfallenden Nebenprodukte (B) sowie die Filets mit Haut (C) männlicher Saiblinge und den dazugehörigen Rückstand (D). In den Teilen A und C der

Abbildung 2 zeigt sich deutlich der optische Geschlechterunterschied bei Saiblingen während der Laichzeit durch Rotfärbung des Bauches der Milchneer. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist der Anteil an Rogen in den Nebenprodukten (Teil B). Der Rogen- bzw. Milchanteil kann in reifen Fischen über 25 %

der gesamten Körpermasse betragen (Tülsner 1994). Die Rogen von Salmoniden zeichnen sich insbesondere durch ihren hohen Proteinanteil von etwa 30 % und ihren hohen Fettanteil von etwa 15 % aus (Tülsner 1994, Bledsoe / Rasco 2006).

Tabelle 1: Prozentualer Masseanteil der Hauptkörperteile, bezogen auf das Lebendgewicht in Forellen und Karpfen

Anteil vom Lebendgewicht	Forelle (Min. – Max.)	Forelle (Durchs.)	Karpfen (Min. – Max.)	Karpfen (Durchs.)
Kopf [%]	15 - 21	16,4	23 - 28	24
Innereien [%]	10 - 15		10 - 21	16,9
Filet ohne Haut [%]	44 - 46	41,0	31 - 40	27,2
Filet mit Haut [%]		55,2		36
Literaturquelle	(Wedekind 2009)	(Müller-Belecke 2011)	(Wedekind 2009)	(IASP 2006)

In der Tabelle 2 sind die Massen von jeweils fünf männlichen und fünf weiblichen Saiblingen vor und nach der Filetabtrennung aufgeführt. Sie zeigt zudem den ermittelten durchschnittlichen Anteil an Nebenprodukten vom Ganzkörpergewicht, die bei der Filetierung von Saiblingen anfallen. Bemerkenswert ist, dass ein Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern bei den Anteilen an Fischnebenprodukten nicht bzw. nur in sehr geringem Umfang festgestellt werden kann. Reiter stellte bei Untersuchungen der Filetausbeute von Saiblingen ebenso fest, dass sich trotz des höheren gonadosomatischen Indexes bei Rognern die Filetausbeute im Vergleich zu Milchern auf Grund des geringeren Restkörpergewichtes nicht signifikant unterscheidet (Reiter 2006). Der Anteil an Fischnebenprodukten beim Filetieren von Saiblingen ist mit 52 bzw. 53 % relativ hoch. Doch nicht nur die anfallenden Mengen, sondern auch die Qualität dieser Nebenprodukte, die sich aus der

Abbildung 2 auf Grund der noch reichlich anhaftenden Mengen an Muskelfleisch erahnen lässt, erfordern eine intelligente Nutzung dieser Ressourcen.

Tabelle 2: Prozentualer Masseanteil der Fischnebenprodukte (FNP), bezogen auf das Lebendgewicht bei der Produktion von Saiblingfilet

Geschlecht	Gesamtmasse [g] (von 5 Saiblingen)	Masse der FNP [g] (aus 5 Saiblingen)	FNP-Anteil von der Gesamtmasse [%]
männlich	2792	1458	52
weiblich	2344	1244	53

Tabelle 3: Zusammensetzung von Fischnebenprodukten aus karnivoren Fischarten

FNP	Wasser [%]	TS [%]	oTS [%]	Rohasche [%]	Rohfett [%]	Rohprotein [%]
FNP 1 (Innereien von Forelle, Saibling u. Wels)	60,9 ¹	39,1 ¹	96,57 ²	1,3 ¹ 3,4 ²	22,5 ¹ 57,6 ²	12,3 ¹ 34,0 ²
FNP 2 (Karkassen und Innereien von Saibling)	62,46 ¹	37,5 ¹	93,8 ²	2,3 ¹ 6,2 ²	15,4 ¹ 41,1 ²	15,1 ¹ 40,2 ²
Innereien (von Saibling) ³	52,9 ¹	47,1 ¹		1,0 ¹	32,2 ¹	12,1 ¹
Karkassen (von Saibling) ³	66,3 ¹	33,7 ¹		3,6 ¹	15,2 ¹	15,2 ¹

¹ Bezogen auf die Frischmasse; ² Bezogen auf die TS; ³ Literaturquelle: (Reiter 2006)

Die FNP sind reich an Fetten und Proteinen. Zwei FNP-Partien, die als Ausgangsrohstoff für die Silierversuche dienten, wurden auf ihre Zusammensetzung untersucht. Die erste Partie (FNP 1) stellt eine Mischung aus Innereien (einschließlich Gonaden) von Forelle, Saibling und Wels dar. Die zweite Partie (FNP 2) stammt ausschließlich aus der Produktion von Saiblingfilet und ist eine Mischung aus

Karkassen und Innereien (einschließlich Gonaden). Die Ergebnisse erscheinen in der Tabelle 3. Als Vergleich werden publizierte Analysenergebnisse zur Zusammensetzung verschiedener Saibling-FNP (Reiter 2006) aufgeführt. Insbesondere die Innereien sind fettreich. Die Fette machen mehr als 50 % der Trockensubstanz (TS) in den Innereien aus.

3.4 Versuche zur Silierung von Fischnebenprodukten

Chemische Silierung

Die chemische Silierung wurde sowohl im Labor als auch direkt beim Praxispartner durchgeführt. Bei allen Varianten wurden die Fischnebenprodukte (FNP) zerkleinert und mit Ameisensäure zur mikrobiellen Stabilisierung versetzt. Bei einigen Varianten kam eine zusätzliche Hygienisierung durch Wärmebehandlung mit unterschiedlichen Temperatur-Zeit-Regimes (T-t-Regimes) vor der Säurezugabe zum Einsatz (siehe Tabelle 4).

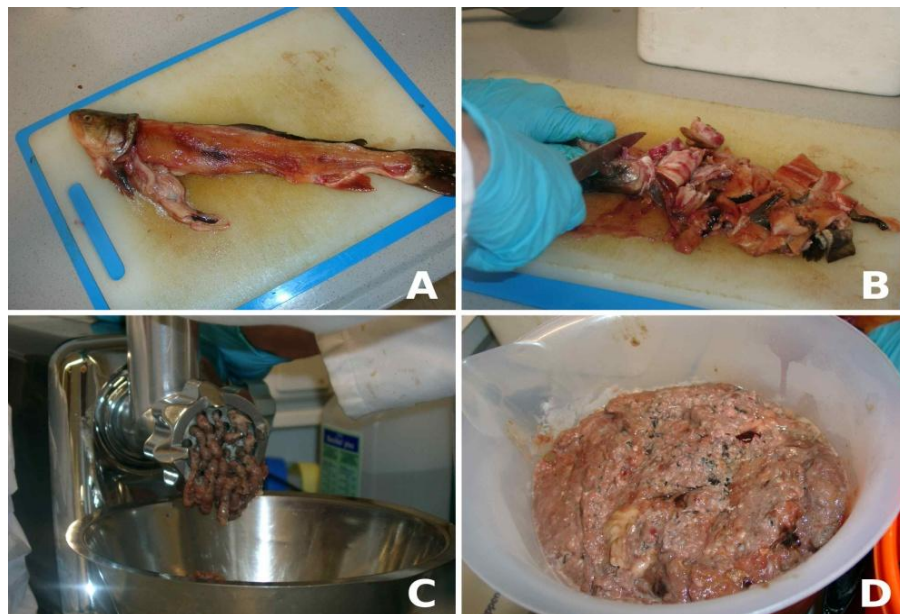


Abbildung 3: Verwendete Karkassen und Innereien (A), Arbeitsschritte: Vorzerkleinern (B) und Wolfen (C), gewolfte Fischnebenprodukte (D)

Wenn die FNP Karkassen enthielten (siehe FNP 2, Tabelle 3), erfolgte die Zerkleinerung im Labor zunächst manuell in kleine Schnittstücke und dann feiner mit einem Labor-Fleischwolf (siehe Abbildung 3) und einem Kochcutter (Firma ADE, Typ Vulcano). Zwei verschiedene Zerkleinerungsgrade (fein und sehr fein) wurden erzielt, indem die Zerkleinerungszeit und die Geschwindigkeit der Messer im Kochcutter verändert wurden. Wenn die FNP nur aus Innereien bestanden, wurde die Zerkleinerung im Labor ausschließlich mit dem Kochcutter durchgeführt. Bei den Praxisversuchen wurden die FNP mit einem Industrie-Fleischwolf zerkleinert. Der Zerkleinerungsgrad war grober als bei den Laborversuchen. Der pH-Wert der zerkleinerten FNP betrug im Durchschnitt 6,2. Nach der Zerkleinerung fand bei bestimmten Varianten eine Wärmebehandlung statt. Wie aus der Tabelle 4 zu entnehmen ist, betrug in diesen Fällen die Haltezeit 1 min bei einer Haltetemperatur von 75 °C oder 5 min bei einer Haltetemperatur von 90 °C. Zur eigentlichen chemischen Silierung der zerkleinerten FNP (mit oder ohne Wärmebehandlung) mit Ameisensäure wurde eine 3%ige Ameisensäurekonzentration im Endprodukt eingestellt. Pro 0,965 kg FNP waren zu diesem Zweck 0,035 kg einer 85%igen Ameisensäurelösung zuzusetzen. Bei den wärmebehandelten Proben wurde die Säure erst am Ende der Haltezeit zu dem noch warmen Produkt zugesetzt. Bei zwei Proben konnte die FNP-Säure-Mischung unmittelbar nach der Säurezugabe zusätzlich mit Antioxidantien versetzt werden. Pro 1 kg FNP-Säure-

Mischung wurden 150 mg Butylhydroxytoluol (BHT) zugesetzt. Anschließend wurde die Mischung rasch in sterilisierte Weckgläser (Laborvarianten) oder in saubere, lebensmittelechte 30-L-Plastikfässer (Praxisvarianten) übergeführt. Falls eine thermische Behandlung stattfand, mussten die Lagergefäße in einem Wasserbad mit kaltem Leitungswasser gekühlt werden. Der pH-Wert wurde gemessen, und die Lagergefäße wurden dicht verschlossen.

Bei den Praxisversuchen waren die Deckel der Plastikgefäße mit Einwegventilen ausgestattet (diese erlauben den Gasaustritt, aber verhindern den Gaseintritt). Die anschließende Lagerung der Silage folgte unter Lichtausschluss bei Raumtemperatur. Eine weitere pH-Wert-Bestimmung aller Proben fand nach Ende der Lagerung statt.

Tabelle 4: Varianten zur chemischen Silierung mit Ameisensäure

Variante	Maßstab	Rohstoff ¹	Zerkleinerungsgrad	Wärmebehandlung Haltetemperatur und -zeit	pH-Wert ²
A 1.1	Labor	FNP 1	fein	keine	2,90
A 1.2	Labor	FNP 1	sehr fein	keine	2,90
A 2.1	Labor	FNP 1	sehr fein	75 °C, 1 min	2,98
A 2.2	Labor	FNP 1	sehr fein	75 °C, 1 min	3,00
A 3.1	Labor	FNP 1	sehr fein	90 °C, 5 min	3,05
A 3.2	Labor	FNP 1	sehr fein	90 °C, 5 min	2,98
B 1.1	Labor	FNP 1	fein	Keine	2,97
B 1.2	Labor	FNP 1	sehr fein	Keine	2,99
B 2.1	Labor	FNP 1	fein	75 °C, 1 min	2,91
B 2.2	Labor	FNP 1	sehr fein	75 °C, 1 min	2,99
F1 ³	Labor	FNP 2	fein	Keine	3,32
Locr0411	Praxis	FNP 2	grob	Keine	3,00
Locr0411/2	Praxis	FNP 2	grob	Keine	3,00
Locp2211	Praxis	FNP 2	grob	75 °C, 1 min	2,99
Locr2701 ³	Praxis	FNP 2	grob	Keine	3,10

¹ siehe Tabelle 3

² gemessen nach Einstellung einer 3%igen Ameisensäurekonzentration in der Endmischung (über die Zugabe einer 85%igen Ameisensäurelösung zu den FNP)

³ Zugabe von 150 mg Butylhydroxytoluol (Antioxidans) pro 1 kg FNP-Säure-Mischung

Biologische Silierung

Bei der biologischen Silierung wurden den zerkleinerten FNP (wärmebehandelt und nicht wärmebehandelt) eine Kohlenhydratquelle (Melasse) und Mikroorganismenkulturen aus Vertretern der Lactobacillales zugesetzt. Diese Mikroorganismen sind in der Lage, die Kohlenhydrate zu Milchsäure zu vergären. Die zunehmend gebildete Milchsäure verursacht die pH-Wert-Senkung und damit die Konservierung unter anaeroben Bedingungen. Die Versuche fanden im eigenen Labor sowie beim Praxispartner statt. Die Zerkleinerung und gegebenenfalls die Wärmebehandlung wurden analog der chemischen Silierung (s. o.) durchgeführt. Nach diesen Verfahrensschritten konnte die Melasse (75 % TS) mit den FNP vermengt werden. Die jeweils eingestellte Melassekonzentration, bei den meisten Varianten 10%, bezogen auf die Endmasse (100g Melasse pro 900g FNP), ist aus der Tabelle 5 zu entnehmen.

Bei den wärmebehandelten Proben wurde die Melasse erst am Ende der Haltezeit zu dem noch warmen Produkt zugesetzt. Danach wurde die fertige Masse in einen Fermentationsbehälter (1,5-L-Plastikbehälter bei den Labor- bzw. 30-L-Plastikbehälter bei den Praxisversuchen, siehe Abbildung 4) übergeführt und, falls eine thermische Behandlung stattfand, heruntergekühlt. Erst dann erfolgte die

Zugabe der Mikroorganismenkulturen. Um eine Impfdichte von 10^7 KbE je Gramm FNP-Melasse-



Abbildung 4: Fermentationsbehälter für die biologische Silierung (links: Laborversuche, rechts: Praxisversuche)

Mischung zu erzielen, war eine definierte Menge der Starterkulturen (Menge abhängig von der Mikroorganismenkonzentration in den eingesetzten kommerziellen gefriergetrockneten Produkten: BIO-SIL®, BioCarna Ferment LC®, BIOBAK Fit® oder jbs Ferm® B) einzuwägen, in einer physiologischen Kochsalzlösung (10 ml bei den Labor- und 200 ml bei den Praxisversuchen) suspendiert und in die Melasse-FNP-Mischung eingerührt. Danach waren die Fermentationsbehälter zu verschließen. Zum Schluss wurde die enthaltene Luft mit einer Vakuumpumpe über ein eingebrachtes Einwegventil evakuiert und die Probe bei Raumtemperatur gelagert. In der Tabelle 5 sind die verschiedenen Varianten zur biologischen Silierung dargestellt.

Tabelle 5: Varianten zur biologischen Silierung

Variante	Maßstab	Rohstoff ¹	Zerkleinerungsgrad	Wärmebehandlung ²	Melassekonzentration ³	Starterkulturen
C 1.1	Labor	FNP 2	fein	Nein	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴
C 1.2	Labor	FNP 2	fein	Ja	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴
C 2.1	Labor	FNP 2	fein	Nein	10% (w/w)	BioCarna Ferment LC ⁵
C 2.2	Labor	FNP 2	fein	Ja	10% (w/w)	BioCarna Ferment LC ⁵
C 3.1	Labor	FNP 2	fein	Nein	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴ + BIOBAK Fit ^{6,7}
C 3.2	Labor	FNP 2	fein	Ja	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴ + BIOBAK Fit ^{6,7}
D 1	Labor	FNP 2	fein	Ja	15% (w/w)	BIO-SIL ⁴
D 2	Labor	FNP 2	fein	Ja	5% (w/w)	BIO-SIL ⁴
E 1	Labor	FNP 2	fein	Ja	10% (w/w)	jbs Ferm B ⁸
Lobp0311	Praxis	FNP 2	grob	Ja	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴
Lobp0311/2	Praxis	FNP 2	grob	Ja	10% (w/w)	BIO-SIL ⁴ + BIOBAK Fit ^{6,7}

¹ siehe Tabelle 3 ² Haltemperatur: 75 °C, -zeit: 1 min ³ bezogen auf die Endmasse

⁴ BIO-SIL®: Lyophilisat von *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866, Konzentration: 3×10^{11} KbE/g

⁵ BioCarna Ferment LC®: Lyophilisat von *Lactobacillus curvatus*, Konzentration: $1,53 \times 10^{10}$ KbE/g

⁶ BIOBAK Fit®: Lyophilisat aus *Pediococcus pentosaceus* (1/3) und *Staphylococcus xylosus* (2/3), Konzentration: 9×10^9 KbE/g

⁷ Von der 10^7 KbE/g Probe stammte die Hälfte der Mikroorganismen aus dem Produkt BIO-SIL®, die andere Hälfte aus dem Produkt BIOBAK Fit®

⁸ jbs Ferm® B: Lyophilisat von *Lactobacillus buchneri*, Konzentration 10^{11} KbE/g

3.5 Ergebnisse und Bewertung der silierten Fischnebenprodukte

Konsistenz und Aussehen

Durch die Denaturierung der Proteine trat eine Verfestigung des Materials nach der Säurezugabe bei allen chemisch silierten Proben ein. Dieser Prozess wurde durch eine vorherige Wärmebehandlung verstärkt. Die bei 90 °C behandelten Proben (Proben A 3.1 und A 3.2, Tabelle 4) wiesen die höchste Festigkeit auf. Gleichzeitig wurde bei dem Silierprozess eine Braunfärbung beobachtet. Wegen der stärkeren Lichtbrechung an der Probenoberfläche zeigten die feiner zerkleinerten Proben eine etwas hellere Farbe. Die thermisch unbehandelten Proben waren von Anfang an dunkler gefärbt. Während der Lagerung trat bei diesen Proben eine deutliche Zunahme der Braunfärbung (siehe Abbildung 5) auf. Wie häufig bei protein- und fettreichen Produkten, ist diese Braunfärbung vermutlich die Folge von Maillard-analogen Reaktionen, bei denen hauptsächlich Stickstoffverbindungen, insbesondere Aminosäuren, und Fettabbauprodukte beteiligt sind. Diese Bräunungsreaktionen werden von oxidativen Prozessen (enzymatisch und nicht enzymatisch) gefördert. Fettsäuren aus der sauren und/oder enzymatischen Fetthydrolyse werden zu Carbonylverbindungen oxidiert, die dann weiter mit organischen Stickstoffverbindungen über mehrere Zwischenprodukte zu Melanoidinen und weiteren farbaktiven Substanzen reagieren.

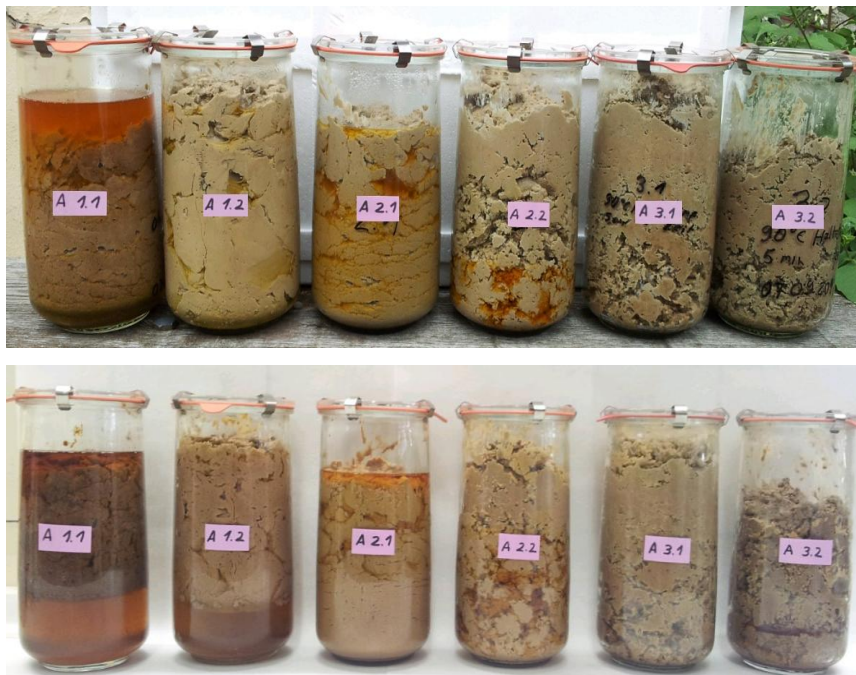


Abbildung 5: Chemisch silierte Proben am Erstellungstag (oben) und nach 4-wöchiger Dunkellagerung

Die viel dunklere Färbung der nicht wärmebehandelten Proben ist mit der Anwesenheit von noch aktiven Lipasen, Lipooxydasen und Proteasen zu erklären. Erstere begünstigen den Fettabbau bzw. die Fettoxidation, die Proteasen erhöhen die Konzentration an freien Aminosäuren. Über die Zugabe von Antioxidantien und die damit verbundene Inhibierung bzw. Verlangsamung von Oxidationsreaktionen konnte die Intensität der Braunfärbung reduziert werden (z. B. Probe F1). Der unterschiedliche Zerkleinerungsgrad zeigte noch am Erstellungstag seine Wirkung bezüglich der Phasenstabilität der silierten Proben. Bei den Proben mit der gröberen Zerkleinerung (z. B. Probe A1.1, Abbildung 5 oben) waren bereits Synäreseerscheinungen erkennbar, die sich im Abscheiden von Flüssigkeit aus der Mischung äußerten. Die Synärese wurde ebenfalls von der thermischen Behandlung und der Lagerzeit beeinflusst. Bei den thermisch unbehandelten Proben (z. B. A1.1 und A1.2, Abbildung 5 unten) trat

eine deutliche Verflüssigung durch die noch vorhandenen, thermisch nicht inaktivierten Proteasen während der Lagerung ein. Parallel dazu war eine starke Synärese (Trennung einer flüssigen und einer festen Phase) zu beobachten. Bei den restlichen Proben fand keine Verflüssigung des Materials, sondern nur eine schwache Phasentrennung statt. Die höchste Phasenstabilität während der Lagerung hatten die sehr fein zerkleinerten, bei 90°C wärmebehandelten Proben (z. B. die Proben A3.1 und A3.2).

Bei den biologisch silierten Proben war ein ähnliches Verhalten, bezogen auf Konsistenz, Braunfärbung und Phasenstabilität, wie bei den chemisch silierten Proben zu verzeichnen. Bei den thermisch behandelten Proben zeigte sich allerdings eine sehr leichte Verflüssigung auf Grund der lipolytischen und proteolytischen Aktivität der Milchsäurebakterien. Ohne thermische Behandlung war keine mikrobiologische Stabilität und somit keine Langzeitlagerung möglich.

Zusammensetzung

Unterschiede zwischen den Zusammensetzungen der Ausgangs-FNP und der silierten Produkte können sich nur aus auftretenden mikrobiologischen oder chemischen Veränderungen sowie aus den Zusätzen bei der Silierung ergeben. Vorausgesetzt, dass über die Silierung die notwendige mikrobiologische Stabilität (kein Verderbnis) erreicht wird, bleibt der Gehalt an Rohfett, Rohprotein (über Kjeldahl bestimmt) und Rohasche in den silierten Produkten, im Vergleich zu den Ausgangs-FNP, fast unverändert (siehe Tabelle 6). Bezogen auf die Gesamtmasse beträgt die zugesetzte Menge an Ameisensäure bei der chemischen Silierung nur 3%. Bei den biologischen Produkten wird die anfangs zugegebene Melassemenge (im Durchschnitt 10% der Gesamtmasse) fast vollständig von den Mikroorganismen umgesetzt. Eigene Untersuchungen haben ergeben, dass nach der biologischen Silierung die Produkte nur 0,14 bis 0,21% (w/w) Zucker enthielten. Im Produkt verbleiben aber gebildete organische Säuren, insbesondere Milchsäure.

Tabelle 6: Zusammensetzung von ausgewählten silierten Proben

Probe ¹	Wasser [%]	TS [%]	Rohasche [%]	Rohfett [%]	Rohprotein [%]
FNP 1 (Rohstoff für A1.1)	60,9 ²	39,1 ²	1,3 ² 3,4 ³	22,5 ² 57,6 ³	13,3 ² 34,0 ³
FNP 2 (Rohstoff für F1 und C3.2)	62,5 ²	37,5 ²	2,3 ² 6,2 ³	15,4 ² 41,1 ³	15,1 ² 40,2 ³
A1.1	62,2 ²	37,8 ²	1,3 ² 3,4 ³	21,8 ² 57,6 ³	12,8 ² 33,9 ³
A1.1 (nach Ölabtrennung)	69,7 ²	30,3 ²	1,4 ² 4,6 ³	12,4 ² 40,8 ³	14,4 ² 47,4 ³
F1	63,4 ²	36,6 ²	2,5 ² 6,8 ³	14,5 ² 39,6 ³	16,1 ² 44,0 ³
F1 (nach Ölabtrennung)	71,2 ²	28,8 ²	2,8 ² 9,7 ³	3,9 ² 13,5 ³	18,1 ² 63,1 ³
C3.2	59,2 ²	40,8 ²	3,0 ² 7,4 ³	13,9 ² 34,1 ³	14,5 ² 35,5 ³

¹ Siehe die Tabellen 4 und 5; ² Bezogen auf die Frischmasse; ³ Bezogen auf die TS

Eine drastische Veränderung der Stickstoffverbindungen findet in den nicht wärmebehandelten Proben statt. In diesen Proben sind die noch aktiven, nativen Proteasen in der Lage, Proteine bis zu Aminosäuren abzubauen¹. Folglich steigt der Gehalt an freien Aminosäuren stark an. Der Anhang 2 und die Abbildung 6 zeigen das Aminosäurespektrum und den Anteil an freien Aminosäuren in ausgewähl-

¹ Ob der Stickstoff an Proteine oder an Aminosäuren gebunden ist, kann nicht über eine Kjeldahl-Bestimmung ermittelt werden. Der über die Kjeldahl-Methode errechnete Rohproteingehalt berücksichtigt nicht den Proteinabbau. Diese Abbauprozesse können nur über die direkte Erfassung der freien Aminosäuren verfolgt werden.

ten silierten Proben. Der vorherige Abbau der Proteine zu Aminosäuren trägt zur besseren Verdaulichkeit dieser bei. Freie Aminosäuren sind weiterhin Aromaträger und dürften die Akzeptanz von daraus hergestellten Futtermitteln erhöhen (Kroeckel et al. 2011, GMA / IGB 2011, Kasumyan / Døving 2003, Adron / Mackie 1978). Bei den thermisch behandelten, silierten Proben war nur mit einem begrenzten Abbau der Proteine und der Fette wegen der Säurehydrolyse dieser Verbindungen (chemische und biologische Silierung) bzw. der entfalteten Aktivität der Milchsäurebakterien (biologische Silierung) zu rechnen.

Großen Einfluss auf die Zusammensetzung der Silage hat eine mögliche Ölabtrennung aus den Proben. Wird aus den Proben Öl abgetrennt, sinkt die Trockensubstanz², und der prozentuelle Anteil an Rohprotein und Rohasche steigt an (siehe Beispiel aus Tabelle 6).

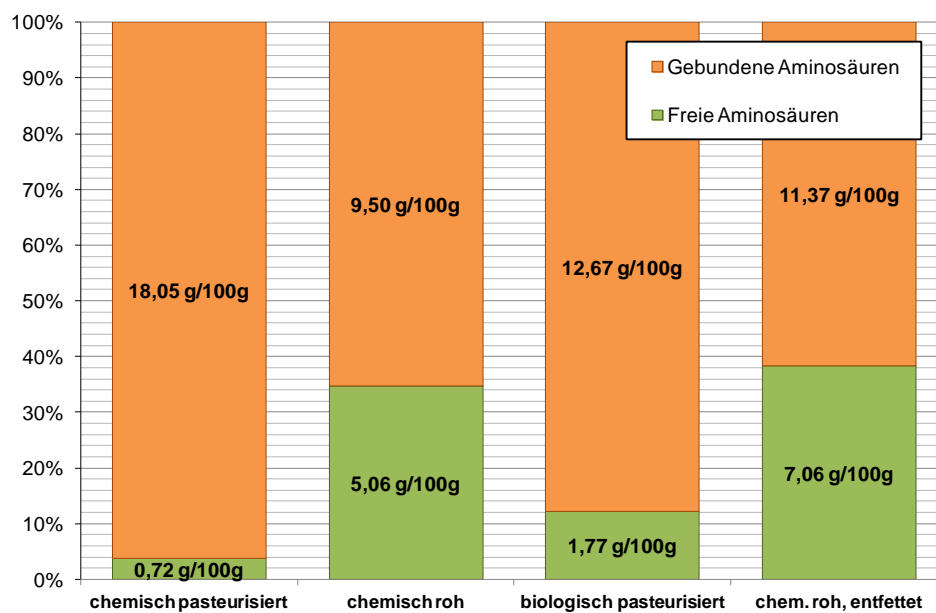


Abbildung 6: Anteil an freien und gebundenen Aminosäuren in ausgewählten silierten Proben

Ölabtrennung und Ölqualität

Bei Salmoniden und Karpfen handelt es sich um Arten, die bezüglich ihres Fettgehaltes im mittelfetten bis fetten Bereich einzuordnen sind (Tülsner 1994). Da diese Fischarten mit einer Produktionsmenge von 25.000t an Forellen und 13.000t an Karpfen die Leitfische der einheimischen Aquakultur darstellen (Brämick 2011), würden bei der Etablierung der Silierungstechnologie die Abtrennung und Qualität des Öls in der Silage eine wichtige Stellung einnehmen. Die Silagen F1 und A1.1 aus Salmonidennebenprodukten wiesen mit ca. 15 % bzw. 22% (Tabelle 6) bspw. relativ hohe Fettgehalte in der Frischmasse auf. Eigene Untersuchungen zur Silage aus Karpfennebenprodukten zeigten, dass mit ca. 24% Fettanteil auch bei dieser Fischart hohe Fettgehalte in der Silage zu erwarten sind (IASP 2006).

Im Rahmen dieses Projektes zeigte sich, dass im Vorfeld der späteren Ölabtrennung aus der Fischsilage zwei Aspekte eine wichtige Rolle spielen: Zerkleinerungsgrad und thermische Behandlung. Beide Parameter können ab einer gewissen Größenordnung die Silage-Matrix aus Fett, Wasser und Proteinen derart stabilisieren, dass einfache Trenntechnologien wie die der Sedimentation und Zentrifugation für die Ölgewinnung nicht ausreichend sind. Für die rasche Diffusion und Wirksamkeit der Ameisensäure in der Silage musste ein genügend hoher Zerkleinerungsgrad erreicht werden. War die Zerkleinerung jedoch zu intensiv, so konnte es die Phasentrennung (wässrige und ölige Phase) für

² Öl ist Bestandteil der Trockensubstanz.

einfache Trennverfahren erschweren. Die intensivere Zerkleinerung der Fischnebenprodukte erwirkte eine bessere Emulgierung der wässrigen und öligen Phase. Zudem wurde diese Emulsion durch die Fischproteine stabilisiert.

Die weniger intensiv zerkleinerte Silage A1.1 zeigte etwa 2 Stunden nach Herstellung bereits eine fortgeschrittene Phasentrennung, während die Silage A1.2 mit einem intensiveren Energieeintrag nur einen äußerst minimalen Ölabsatz aufweist (vgl. Abbildung 5 auf S. 21). Auch nach vierwöchiger Lagerung zeigten sich zwischen diesen Silagen diesbezüglich noch deutliche Unterschiede. Zudem lag der Anteil an flüssigen Bestandteilen in der Silage A1.1 höher, weshalb die Vermutung geäußert werden kann, dass die bessere Grenzflächenstabilisierung durch intensivere Zerkleinerung in Zusammenwirkung mit den Fischproteinen die enzymatische Zugänglichkeit für die Hydrolyse erschwert.

Bei den thermisch behandelten Silagen war das Fett fest eingeschlossen in der koagulierten Proteinmatrix. In diesem Zustand kann das Fischöl aus der Silage nur durch Pressen (z.B. mit Schneckenpresse) oder durch Extraktion mit einem lipophilen Lösemittel gewonnen werden.

Konkret wurde die Effektivität der Ölabtrennung in thermisch unbehandelten Silagen untersucht. In diesen Silagen konnte die Phasentrennung auf Grund der partiellen Verflüssigung der Proteine durch enzymatische Hydrolyse eingeleitet werden, so dass eine einfache Ölabtrennung durch Dekantieren bzw. Absaugen möglich war. Die Tabelle 7 fasst die Resultate der erprobten Trenntechnologien, Sedimentation und Zentrifugation, zusammen. Mit dem Einsatz von Zentrifugalkräften konnte ein bedeutend höherer Abtrennungsgrad erzielt werden. Dies zeigte, dass thermisch unbehandelte Silagen trotz der Einwirkung proteolytischer Enzyme auch nach mehreren Wochen eine Proteinmatrix mit fettbindenden oder emulsionsstabilisierenden Eigenschaften aufwiesen, so dass für die effektive Ölgewinnung ein Zentrifugationsprozess erforderlich war.

Tabelle 7: Effektivität der Ölabtrennung aus thermisch unbehandelten Silagen durch Sedimentation und Zentrifugation bei 15000 g für 15 Minuten

Silage	Trenntechnik	Fettgehalt		Abtrennungsgrad
		originär	neu	
A1.1	Sedimentation	21,8 %	12,4 %	43,1 %
F1	Zentrifugation	14,5 %	3,9 %	73,3 %

Bei der weiteren Verwendung des gewonnenen Fischöls, insbesondere für die Herstellung von Fischfutter, spielt es eine entscheidende Rolle, in welcher Qualität es vorliegt. Die Qualität eines Öls für nutritive Zwecke ist hauptsächlich durch das Fettsäurespektrum sowie durch chemische Parameter der Autoxidation determiniert. Hinsichtlich der Fettsäurezusammensetzung für die Fischernährung ist der Gehalt an langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (LC-PUFA), insbesondere den Omega-3-Fettsäuren α -Linolensäure (ALA; C 18:3), Eicosapentaensäure (EPA; C 20:5) und Docosahexaensäure (DHA; C 22:6), ein ausschlaggebendes Kriterium. Diese Fettsäuren sind essentiell und unter anderem wichtig für das Wachstum der Fische (Steffens 1985).

Die Abbildung 7 zeigt das nach Gruppen zusammengefasste Fettsäurespektrum der jeweilig verwendeten Fischnebenprodukte und deren Silagen. In erster Linie lässt sich aus der Grafik schließen, dass das gewonnene Öl mit ca. 31 % einen sehr hohen Anteil an LC-PUFA bei niedriger Konzentration an gesättigten Fettsäuren (SFA) hatte. Ebenso ist zu erkennen, dass die Fettsäurespektren der frischen Fischnebenprodukte sich von denen der teilweise 2,5 Monate lang gelagerten Laborsilagen nicht signifikant unterscheiden. Lediglich bei den Silagen der Praxisversuche (Locr0411, Locp2211) waren geringfügige Unterschiede zu vernehmen. Bei der thermisch unbehandelten chemischen Silage

Locr0411 wurden im Vergleich zum verwendeten Ausgangsrohstoff FNP2 für die mehrfach ungesättigten und gesättigten Fettsäuren höhere und für die einfach ungesättigten Fettsäuren niedrigere Werte ermittelt. Wird jedoch die Messgenauigkeit mit einem relativen Fehler von $\pm 5\%$ berücksichtigt, so kann von diesem Standpunkt aus keine Aussage über eine signifikante Abweichung getroffen werden.

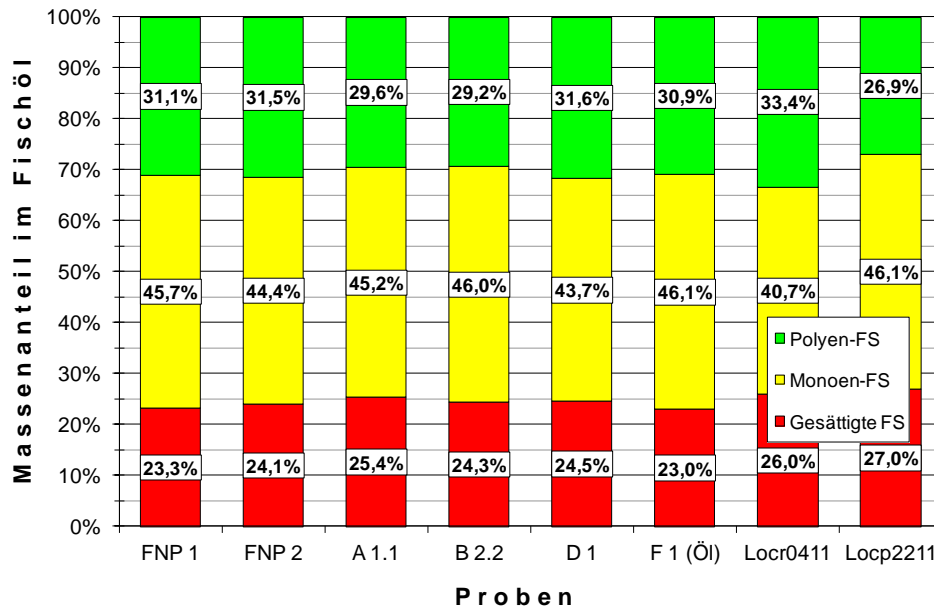


Abbildung 7: Zusammenfassung der ermittelten Fettsäuren von Fischnebenprodukten aus Salmoniden und einigen Silagen daraus in Fettsäuregruppen (Relativer Fehler: $\pm 5\%$)

Die pasteurisierte chemische Silage Locp2211 hingegen zeigt zum Ausgangsrohstoff FNP2 für die mehrfach ungesättigten Fettsäuren einen signifikant niedrigeren Wert und für die gesättigten Fettsäuren einen signifikant höheren Wert. Mit zunehmender Anzahl an C-Doppelbindungen in Fettsäuren steigt die relative Oxidationsgeschwindigkeit exponentiell an, die unter Hitzeeinwirkung noch weiter zunimmt. Der bei der Pasteurisierung im Praxisversuch technisch bedingte höhere Wärmeeintrag – im Vergleich zu den Laborversuchen – kann als Ursache für die Abnahme an mehrfach ungesättigten Fettsäuren angenommen werden. Bei einer Überführung der Technologie in den Großmaßstab ist ein korrektes Scale-Up für diesen Verfahrensschritt daher notwendig.

Kommerzielle Fischöle werden hauptsächlich aus Meeresfischen gewonnen. Diese sind auf Grund der marinen Mikroalgen in der Nahrungskette reich an Omega-3-LC-PUFA, insbesondere an EPA (C 20:5) und DHA (C 22:6). Diese Nahrungsgrundlage steht Süßwasserfischen natürlicherweise nicht zur Verfügung. Dennoch sind bspw. Regenbogenforellen – im Gegensatz zu marinen Spezies – in der Lage, diese Fettsäuren aus ALA (C 18:3) über Desaturasen und Elongasen zu bilden (Webster / Lim 2002).

Die Tabelle 8 zeigt die eigenen Untersuchungen zum Fettsäurespektrum der überwiegend aus Salmoniden zusammengesetzten Schlachtnebenprodukte im Vergleich zu den für gewöhnlich verwendeten (marinen) Fischarten zur Produktion von Fischöl für Aquakultur-Futtermittel. Hierbei wird deutlich, dass bei den Fischnebenprodukten zum großen Teil Übereinstimmungen (s. rote Markierungen in Tabelle 8) mit den für gewöhnlich verwendeten Fischarten festgestellt wurden. Die Fischnebenprodukte wiesen zwar einen höheren ω -6-Fettsäureanteil und einen höheren Anteil an Linol- (C 18:2) und Linolensäure (C 18:3) auf, wie es für Süßwasserfische typisch ist (Steffens 1997). Dennoch ist der Anteil an DHA und EPA genügend hoch, und zusätzlich können Süßwasserfische diese Fettsäuren aus der Linol- und Linolensäure bilden, so dass Fischöle aus Schlachtnebenprodukten der

Salmonidenverarbeitung das Potenzial haben, die marinen Fischöle zu ersetzen. Hierbei sind jedoch tiefgründige Fütterungsversuche notwendig.

Tabelle 8: Fettsäurespektren von Fischölen, die gewöhnlich für die Produktion von Aquakultur-Futtermitteln eingesetzt werden im Vergleich zu eigenen Untersuchungen an Schlachtnebenprodukten der Salmonidenverarbeitung. Rot markierte Werte stimmen mit den Werten für die gewöhnlichen Fischarten überein.

Fettsäuren	Sardelle*	Hering*	Lodde*	Menhaden*	Salmoniden-FNP**
14:0	6,5...9,0	4,6...8,4	6,2...7,0	7,2...12,1	2,7 ... 5,6
16:0	17,0...19,4	10,1...18,6	10,0	15,3...25,6	10,6 ... 13,0
18:0	4,2	1,4	1,2	4,2	1,9 ... 2,7
16:1	9,0...13,0	6,2...12,0	10,0...14,3	9,3...15,8	5,2 ... 6,9
18:1 (ω -9)	10,0...22,0	9,7...25,2	14,0...15,0	8,3...13,8	33,0 ... 40,2
20:1	0,9...1,0	7,3...19,9	17,0	n.d. ...1,0	n.n.
22:1	1,0...2,1	6,9...30,6	15,4	n.d. ...1,4	n.n.
18:2 (ω -6)	2,8	0,1...0,6	0,7	0,7...2,8	10,3 ... 16,5
20:4 (ω -6)	0,1	<1	0,2	0,2	n.n.
18:3 (ω -3)	1,8	n.n. ...2,0	0,2	0,8...2,3	3,6 ... 7,1
20:5 (ω -3)	7,6...22,0	3,9...15,2	6,1...8	11,1...16,3	2,8 ... 7,4
22:5 (ω -3)	1,6...2,0	0,8	0,6	2,0	0,3 ... 1,6
22:6 (ω -3)	9,0...12,7	2,0...7,8	3,7...6,0	4,6...13,8	5,6 ... 8,0
$\Sigma(\omega$ -3)	20 ... 38,5	6,7 ... 25,8	10,6 ... 14,8	18,5 ... 34,4	14,3 ... 22,9
$\Sigma(\omega$ -6)	2,9	<1,1 ... <1,6	0,9	0,9 ... 3,0	10,5 ... 16,7

* Quelle: Turchini / Ng / Tocher 2010

** Eigene Untersuchungen (siehe Anhang 3)

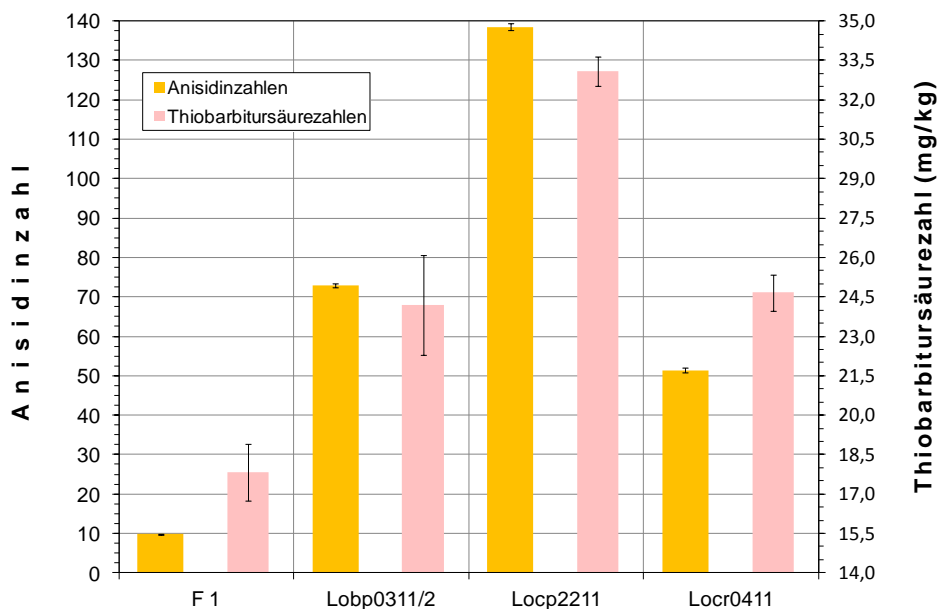


Abbildung 8: Bestimmungen zum Oxidationszustand über die Anisidinzahl und Thiobarbitursäurezahl von Fischölen aus verschiedenen Silagen nach einer Lagerzeit von ca. 6 Monaten

Ein weiterer Aspekt für die Qualität des Fischöls, vor allem wenn es aus über eine längere Zeit gelagerten Silagen gewonnen werden soll, ist der Oxidationszustand. Abbildung 8 zeigt die ermittelten Anisidinzahlen (AnZ) und Thiobarbitursäurezahlen (TBZ) für die aus den ca. ein halbes Jahr gelagerten Silagen gewonnenen Fischöle. Die AnZ korrelierten mit den TBZ insofern, dass die Rangeinord-

nung der getesteten Fischöle nach dem Oxidationszustand jeweils nach den ermittelten Parametern identisch war. Jedoch zeigten die TBZ eine viel größere Streuung.

Nach dem Zulassungsprogramm der International Fish Oil Standards (IFOS) gilt als Qualitätskriterium eine AnZ von nicht höher als 20. Dieses ist lediglich bei der Probe F1 der Fall, die als einzige Probe mit 150mg BHT pro kg Silage behandelt wurde. Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit, dass geeignete Maßnahmen zum Schutz des Öls vor Autoxidation bei Anwendung der Siliertechnologie zu ergreifen sind.

Die Annahme, dass die Pasteurisierung der Probe Locp2211 zum signifikant höheren Abbau an PUFA geführt hat, dürfte durch die ermittelten – und im Vergleich mit den anderen Proben signifikant höheren – TBZ und AnZ untermauert sein. Bemerkenswerter Weise wurden für die ebenfalls pasteurisierte, jedoch biologische Silage, Lobp0311/2, nur etwa halb so große TBZ und AnZ ermittelt. Möglich ist, dass die Pasteurisierung mit einem geringeren Wärmeeintrag realisiert werden konnte. Es ist auch denkbar, dass die zugesetzten Milchsäurebakterien eventuell antioxidative Eigenschaften besessen haben könnten. Bspw. Berichteten Zhang et al. von guten antioxidativen Kapazitäten einiger *Lactobacillus*-Stämme in Joghurt (Zhang / Liu / Su / Li / Sun / Liang / Lv 2011).

Mikrobiologische Beschaffenheit

Ein wichtiger Unterschied zwischen der chemischen und der biologischen Silierung besteht in dem pH-Verlauf während des Silierprozesses. Während bei der chemischen Silierung der pH-Wert nach der Ameisensäurezugabe und gründlicher Durchmischung sofort absinkt, geht der pH-Wert bei der biologischen Silierung wegen der allmählichen Säurebildung nur langsam herunter und fällt erst nach etwa 6 Tagen auf Werte unter 4,4. (siehe Abbildung 9). Bei pH-Werten unter 4,4 können sich die meisten pathogenen und toxischen Bakterien nicht mehr entwickeln, und die Mindestvoraussetzung für die Haltbarkeit der Produkte wird erreicht.

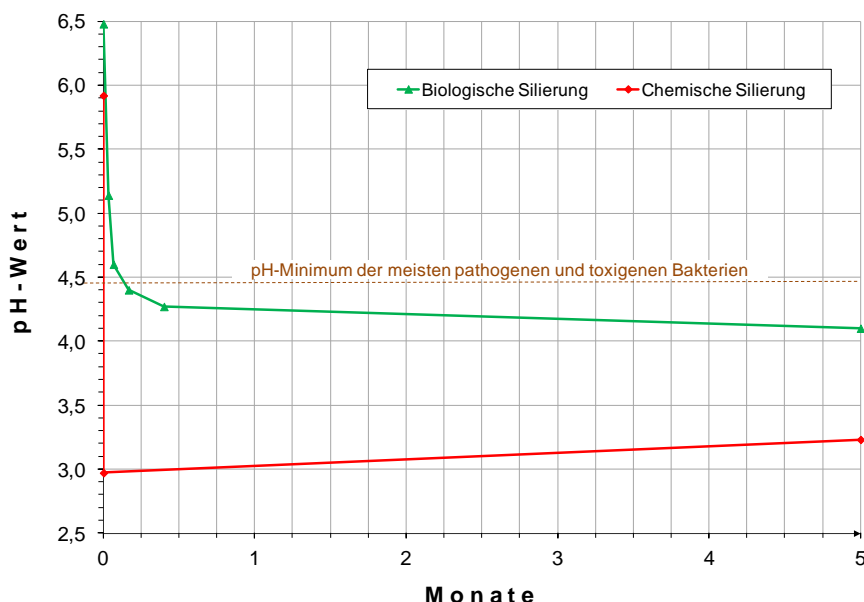


Abbildung 9: Verlauf des pH-Wertes bei der biologischen und bei der chemischen Silierung

Obwohl bei den chemisch silierten Proben ein leichter Anstieg des pH-Wertes während der Lagerung (sehr leichte Säureverdunstung bzw. mögliche Oxidation der Ameisensäure zu Kohlensäure und Zerfall in Kohlendioxid und Wasser) zu verzeichnen war, blieben die Proben während der Lagerung mikrobiologisch stabil. Einzige Ausnahme war die Probe Locr2701 (Tabelle 4), bei der Verderbniserscheinungen

nungen zu beobachten waren. Ursache dafür war das ungenügende Auftauen der zuvor zur sicheren Lagerung eingefrorenen Ausgangs-FNP. Im Moment der Säurezugabe waren noch sehr grobe Stücke vorhanden, in welche die Säure schlecht hinein diffundieren konnte. Bakterien konnten sich hier noch entwickeln und das Produkt verderben. Ameisensäure verursacht nicht nur eine pH-Absenkung, sondern besitzt wegen ihrer spezifischen Struktur auch starke bakterizide und bakteriostatische Eigenschaften und ist so für die chemische Silierung unter den organischen Säuren bestens geeignet. Eine homogene Säureverteilung während des Silierprozesses muss aber garantiert werden.

Milchsäurebakterien sind obligat oder fakultativ anaerob. Die Schaffung anaerober Bedingungen fördert die Entwicklung der Milchsäurebakterien, unterbindet das Wachstum von Schimmelpilzen im sauren pH-Bereich und schränkt das Wachstum der meisten Hefen stark ein. Aus diesen Gründen wurde versucht, die Lagerbehälter für die biologisch silierten Proben zu evakuieren. Durch die Luftevakuierung wurden die Labor-Behälter komprimiert, so dass kein echtes Vakuum hergestellt werden konnte. Die Komprimierung ließ jedoch kontinuierlich nach und war nach ca. einer Stunde gänzlich verschwunden. Ursachen dafür könnten sowohl eine CO₂-Entwicklung durch Mikroorganismen als auch Undichtigkeiten im Bereich zwischen Becherrand und Deckelaufgabe sein.

Alle biologisch silierten Proben, aber insbesondere die thermisch unbehandelten Proben (siehe Tabelle 5), waren in den ersten Lagerungstagen durch Gasentwicklung aufgeschäumt. Teilweise trat ein Teil der Silage durch die Ventilöffnung aus. Die Ventile wurden dann unter laufendem Wasser gereinigt, getrocknet und desinfiziert. Es konnte im weiteren Verlauf keine weitere Schaumbildung festgestellt werden. Dagegen war bereits nach dem 10. Lagerungstag unter schon herrschenden sauren Bedingungen die Entwicklung von Schimmelpilzen (Luftmycel) oder Hefen (Kahmhaut) bei den biologisch silierten Proben zu beobachten. Nur die Proben C3.2, E1 und Lobp031/2 (Tabelle 5) wiesen keinen Pilzbefall auf, auch nicht nach sechsmonatiger Lagerung. Die Versuche zeigten, dass für eine erfolgreiche biologische Silierung der FNP eine thermische Behandlung (vor der Zugabe der Milchsäurebakterien) und der Einsatz von heterofermentativen Milchsäurebakterien bzw. von Mischkulturen notwendig sind.

Obwohl Milchsäurebakterien in der Lage sind, antimikrobielle Verbindungen (z. B. Bacteriocin) zu erzeugen, um sich gegen andere Mikroorganismen besser durchzusetzen, bietet ihnen die thermische Behandlung durch die Abtötung vegetativer Formen konkurrierender Mikroorganismen sichere Entwicklungsmöglichkeiten. Während die homofermentativen Milchsäurebakterien (z. B. *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*) ausschließlich Milchsäure als Säure bilden, bilden die heterofermentativen Milchsäurebakterien (z. B. *Lactobacillus buchneri*) dazu weitere Säuren wie Essigsäure, die wirksamer gegen Pilze sind und einer möglichen Rekontamination mit diesen besser entgegen können. Über die gemeinsame Zugabe von *Pediococcus pentosaceus* und *Staphylococcus xylosus*³ (BIOBAK Fit®, Tabelle 5) werden ebenfalls Milchsäure und Essigsäure im Produkt gebildet (Johansson 1994).

Ist eine Anwendung als Futter vorgesehen, sind die Verarbeitungsmethoden für tierische Nebenprodukte so zu gestalten, dass eventuell vorhandene Krankheitserreger abgetötet werden (VO 142/2011, Anhang IV, Kapitel III). Bei einer der Verarbeitungsmethoden (Methode 7) sind konkrete Vorgaben zur maximalen Keimbelastung in Bezug auf *Clostridium perfringens*, *Salmonella* und *Enterobacteriaceae* angegeben⁴. Ausgewählte Proben von silierten FNP wurden auf die Keimbelastung mit den o. g. Krankheitserregern nach verschiedenen Lagerungszeiten untersucht (s. Tabelle 9). In keiner der Pro-

³ *Staphylococcus xylosus* gehört nicht zu den Milchsäurebakterien, ist aber in der Lage, Milchsäure zu bilden.

⁴ Für die behördliche Zulassung der Verarbeitungsmethode 7 sind die spezifizierten mikrobiologischen Standards über einen Zeitraum von 30 Herstellungstagen beim Endprodukt täglich (tägliche Probenahme) einzuhalten

ben waren diese Mikroorganismen nachweisbar, was den guten Hygienestatus der untersuchten silierten Proben zeigt.

Tabelle 9: Mikrobiologische Untersuchung von silierten FNP

Probe ¹	Lagerungszeit [Wo.]	<i>C. perfringens</i> Keimzahl [KbE/g]	<i>Enterobacteriaceae</i> Keimzahl [KbE/g]	Salmonellen Keimzahl [KbE/25 g]
A 1.1	9	n.n.	n.n.	n.n.
B 2.1	8	n.n.	n.n.	n.n.
D1	2	n.n.	n.n.	n.n.
Locr0411	26	n.n.	n.n.	n.n.
Lobp031/2	26	n.n.	n.n.	n.n.

¹Siehe Tabellen 4 und 5

Wo: Wochen

n.n.: nicht nachweisbar

In den silierten FNP dienen kurzkettige organische Säuren als Konservierungsstoffe: Ameisensäure bei der chemischen Silierung, Milchsäure und Essigsäure bei der biologischen Silierung. Der Wirkmechanismus der einzelnen organischen Säuren ist unterschiedlich und von ihrer Molekularstruktur abhängig. Dementsprechend gehen die antimikrobiellen Eigenschaften dieser Säuren über den reinen pH-Wert-Effekt hinaus (Koch 2005). Als Bewertungsparameter zur Quantifizierung der Effizienz von Konservierungsstoffen wird die minimale Hemmkonzentration (MHK⁵) verwendet. Die MHK von Ameisensäure, Milchsäure und Propionsäure bei Versuchen mit acht Krankheitserregern (*Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* und *Clostridium perfringens*) wurde miteinander verglichen (Strauss und Hayler 2001). Die höchste Wirksamkeit gegen die getesteten Mikroorganismen zeigte Ameisensäure mit einer durchschnittlichen MHK von 0,12 %, gefolgt von Propionsäure (0,21 %) und Milchsäure (0,32 %).

In Bezug auf ihre antimikrobiellen Eigenschaften wirken die kurzkettigen organischen Säuren indirekt über die Senkung des pH-Wertes in der Umgebung der Mikroorganismen oder direkt auf die Bakterienwand und den Bakterienstoffwechsel ein (Koch 2005). Die Säurekonstante der jeweiligen Säure und somit ihre Fähigkeit zu dissoziieren, scheint für die antimikrobielle Wirkung eine große Rolle zu spielen. Nur in undissoziierter Form sind die Säuren lipophil und in der Lage, die Zellmembran der Mikroorganismen zu passieren (Partanen 2001). Aus dieser Sicht wären schwächere Säuren etwas wirksamer. Eingedrungene Säuren würden dann das Säure-Base-Gleichgewicht und die biochemischen Prozesse in der Zelle stören und letztendlich zum Zelltod führen (Russell 1992). Bei Ameisensäure wird die antimikrobielle Wirkung durch die reduzierenden Eigenschaften⁶ verstärkt, da dadurch das Redoxsystem der Mikroorganismen nachhaltig negativ beeinflusst wird.

Die derzeit gültige Verordnung über anzeigepflichtige Tierseuchen (TierSeuchAnzV, Fassung vom 19.07.2011) weist für die Fischzucht bedeutende Seuchen viralen Ursprungs, vier nichtexotische und zwei exotische Erreger, als anzeigepflichtig aus. Die aktuelle Verordnung über meldepflichtige Tierkrankheiten (TKrMeldpflV, Fassung vom 11.02.2011) führt keine meldepflichtigen Fischseuchen viraler Herkunft auf. Abgesehen von den beiden exotischen Erregern, die in Europa bisher nicht nachgewiesen wurden (Baur / Bräuer / Rapp 2010), lassen sich demnach folgende, für die Speisefischaquakultur relevante virale Erkrankungen herausstellen:

- Virale hämorrhagische Septikämie (VHS; Erreger: Rhabdovirus / Fischarten: Salmoniden, Hechte)

⁵ Als Abkürzung für die Minimale Hemmkonzentration wird in der Literatur oft die englische Abkürzung MIC (minimal inhibition concentration) verwendet. Die Minimale Hemmkonzentration ist die Konzentration, die das Wachstum des untersuchten Mikroorganismus gerade noch hemmt.

⁶ Ameisensäure ist gleichzeitig ein Aldehyd und kann selbst z. B. zu Kohlensäure oxidiert werden.

- Infektiöse hämatopoetische Nekrose (IHN; Erreger: Rhabdovirus / Fischarten: Salmoniden)
- Koi-Herpesvirusinfektion (KHV; Erreger: Herpesvirus / Fischarten: Cyprinidae)
- Ansteckende Blutarmut der Lachse (ISA; Erreger: Isavirus / Fischarten: Salmoniden; in Deutschland derzeit kein Vorkommen, Baur / Bräuer / Rapp 2010).

Die wirtschaftlich bedeutendsten Viruserkrankungen bei Salmoniden sind die VHS und die IHN, deren Erreger der Familie der *Rhabdoviridae* zugeordnet sind. Rhabdoviren sind ebenso wie die Erreger der KHV und der ISA behüllte Viren. Letztere zählen zu der Familie der *Orthomyxoviridae*. Behüllte Viren sind generell labiler gegenüber physikalischen und chemischen Einflüssen wie bspw. Hitze, pH-Extreme, Strahlen und Trockenheit als unbehüllte. Für die meisten Virusarten gilt als Faustregel, dass bei Temperatureinwirkung von 60 °C Sekunden, von 37 °C Minuten bis Stunden, bei 20 °C Stunden bis Tage nötig sind, um die Virenpopulation zu halbieren. In stark saurem Milieu (\leq pH 3) sind insbesondere behüllte Viren sehr empfindlich (Rolle / Mayr / Büttner 2007).

Organische Säuren, allen voran Zitronensäure, Apfelsäure, Brenztraubensäure, Bernsteinsäure und Ameisensäure, haben eine ausgeprägte Wirksamkeit gegen behüllte Viren wie Rhabdo-, Herpes- und Orthomyxoviren. Insbesondere die Ameisensäure zeigt eine deutlich höhere Wirksamkeit. In einer Anwendungskonzentration von 1-2% in wässriger Lösung inaktiviert sie selbst den äußerst widerstandsfähigen unbehüllten Poliovirus – ein Testvirus der Desinfektionsmittelprüfung – innerhalb von 5-30 Minuten (Rheinbaben / Wolff 2002).

Der Erreger der IHN im Speziellen wird bei pH3 rasch, bei 75 °C in weniger als 15 Minuten inaktiviert. Selbst bei 21 °C ist nach 24 Stunden 90% der Population inaktiviert, während die komplette Inaktivierung 6 Wochen benötigt (Baur / Bräuer / Rapp 2010).

Bei Temperatureinwirkung von 70 °C ist der VHS-Erreger rasch inaktiviert. 60 Minuten werden für die Inaktivierung bei pH3 benötigt. Eine 24-wöchige Temperatureinwirkung von 20 °C inaktiviert ebenfalls den Erreger der VHS (Roberts 2012, Ahne 1982b).

Die Inaktivierung der KHV erfordert bei pH 3 etwa 2 Stunden, nur wenige Minuten bei Temperaturen oberhalb von 50 °C. Bei 15 °C ist der Erreger in 42 Tagen inaktiviert (Baur / Bräuer / Rapp 2010). Der ISA-Erreger wird in wässriger Ameisensäurelösung bei pH 3,5 innerhalb von acht Stunden inaktiviert. Temperaturen oberhalb von 50 °C erfordern nur wenige Minuten zur Eliminierung (Torgersen 1998).

Im Rahmen dieses Konzeptstudiums wurden keine Untersuchungen bezüglich der Inaktivierung von Viren bei der Silierung durchgeführt. Nach Auswertung der o.g. Literaturangaben kann aber angenommen werden, dass bei der Lagerung der silierten FNP (pH 3,0 bis 4,4 und Raumtemperatur) die für die Fischzucht wirtschaftlich relevanten Viren inaktiviert werden. Die thermische Vorbehandlung der FNP würde diesbezüglich eine zusätzliche Sicherheit schaffen. Sichere Aussagen können nur über direkte Untersuchungen mit dem silierten Material getroffen werden.

Gesamtbewertung der Silierung

Die Versuche zeigten, dass über das chemische (mit organischen Säuren) oder biologische Silieren (mit Bakterienkulturen, die neben Milchsäure Essigsäure bilden) eine Lagerung der Fischnebenprodukte bei Raumtemperatur über mehrere Monate möglich ist und die Produkte die gesetzlichen mikrobiologischen Anforderungen erfüllen. Während für die biologische Silierung eine Wärmebehandlung unbedingt nötig ist, ist diese für die Haltbarkeit der chemisch silierten Produkte nicht zwingend erforderlich. Bei den nicht wärmebehandelten, chemisch silierten Produkten laufen aber verstärkt Maillard-analoge Reaktionen ab, die zu dunkleren Produkten (sowohl im Öl als auch in den proteinreicheren Fraktionen) führen. Zu dem ernährungsphysiologischen Effekt der gebildeten farbaktiven Verbindun-

gen gibt es in der Literatur widersprüchliche Angaben. Mit Hilfe von Fütterungsversuchen könnte diese Frage geklärt werden. Bei den nicht thermisch behandelten Proben, als Ergebnis der vorhandenen Aktivität von nativen Enzymen, traten ebenfalls eine deutliche Verflüssigung des Materials und eine Zunahme der Konzentration an freien Aminosäuren auf. Nicht thermisch behandelte Proben sind dadurch besser verdaulich und erlauben eine leichtere Abtrennung der Ölphase. Höhere Ölausbeuten sind erzielbar.

Die Untersuchung der Fettsäurezusammensetzung weist nach, dass die Ölqualität der silierten Probe gut und mit der von frischen FNP vergleichbar ist. Der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren zeigt, dass die Öle aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr wertvoll sind und dass Öle aus Süßwasserfischen eine gute Quelle für Omega-n-Fettsäuren sind.

Die an den ersten Tagen beobachtete Schaumbildung bei der biologischen Silierung könnte zu Komplikationen bei der praktischen Prozessführung führen. Wegen der insgesamt einfacheren Handhabung ist die chemische Silierung der biologischen Silierung vorzuziehen. Der niedrigere pH-Wert und die stärkere antimikrobielle Wirkung von Ameisensäure (im Vergleich zu Milchsäure und Essigsäure) garantieren außerdem eine höhere mikrobiologische Stabilität.

Kurzkettige organische Säuren, die hier als Grundlage der Silierung dienen, weisen neben den antimikrobiellen Eigenschaften weitere nutzbringende Effekte auf. Untersuchungen mit verschiedenen Nutztieren, hauptsächlich mit Schweinen und Geflügel, aber auch mit Tilapia, belegen, dass der Einsatz dieser Säuren als Futterzusatz die Vermehrung schädlicher Keime im Futter verhindert und den Geschmack des Futters und die Futteraufnahme begünstigen kann. Zu dem ist eine positive Wirkung im Magen-Darm-Trakt der Tiere nachgewiesen worden, ebenso auf die Protein- und Mineralstoffverdaulichkeit sowie auf die Futtermittelverwertung und das Wachstum der Tiere. Kurzkettige organische Säuren werden so als Alternative zu Fütterungsantibiotika (antibiotische Wachstumsförderer) angesehen (Koch 2005, Mroz 2005, Kirsch 2010, ADDCON 2010).

Bei den o. g. Untersuchungen hatte Ameisensäure gegenüber anderen kurzkettigen organischen Säuren meistens die höchste Wirksamkeit. Silierte FNP, insbesondere chemisch silierte FNP, sind also ein guter Ausgangsrohstoff für die Futterherstellung. Diesbezüglich hat die Silierung Vorteile im Vergleich zu anderen Konservierungsverfahren (z. B. Tiefkühlagerung).

4 Ökonomische Bewertung der Silageherstellung

4.1 Ziele und Methode

Die Durchsetzung der Silierung von FNP in der Praxis ist von der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens abhängig. Nur wenn zumindest die bei der Silierung anfallenden Kosten über den Produkterlös gedeckt werden, wären die Betriebe bereit, dieses Konservierungsverfahren einzuführen. Eine praxisrelevante, belastbare Kostenkalkulation ist aber nur dann möglich, wenn die Kosten unter Produktionsbedingungen, unter Nutzung geeigneter Anlagen, erfasst werden. Im Rahmen dieses Konzeptstudiums erfolgten die Silierversuche unter Laborbedingungen oder in einem Praxisbetrieb, allerdings hier unter Nutzung bedingt geeigneter Geräte und mit relativ kleinen FNP-Mengen. Beispielsweise erfolgte die Wärmebehandlung der FNP im Betrieb mit Hilfe eines Gas-Hockerkochers.

Die Ermittlung der Kosten für die Silierung unter Laborbedingungen hat keine praktische Bedeutung. Eine erste orientierende Kostenkalkulation für die Silierung unter Produktionsbedingungen wird unter bestimmten Randbedingungen und unter Berücksichtigung der wichtigsten Kostenpositionen anschließend durchgeführt (siehe Tabelle 10). Die zugrunde liegenden Verfahrens- und Massenfließbilder für die chemische und biologische Silierung werden in der Abbildung 10 dargestellt. Angenommen

wird ein FNP-Anfall von 50t/a (ca. 1 t pro Woche). Daraus wären ca. 51,5t Silage (chemische Silierung) bzw. 52,75 t Silage (biologische Silierung) jährlich herzustellen.

Tabelle 10: Kostenkalkulation für die Verarbeitung von 100 kg FNP zu Silage, ausgehend von einer jährlichen Verarbeitung von 50 t FNP

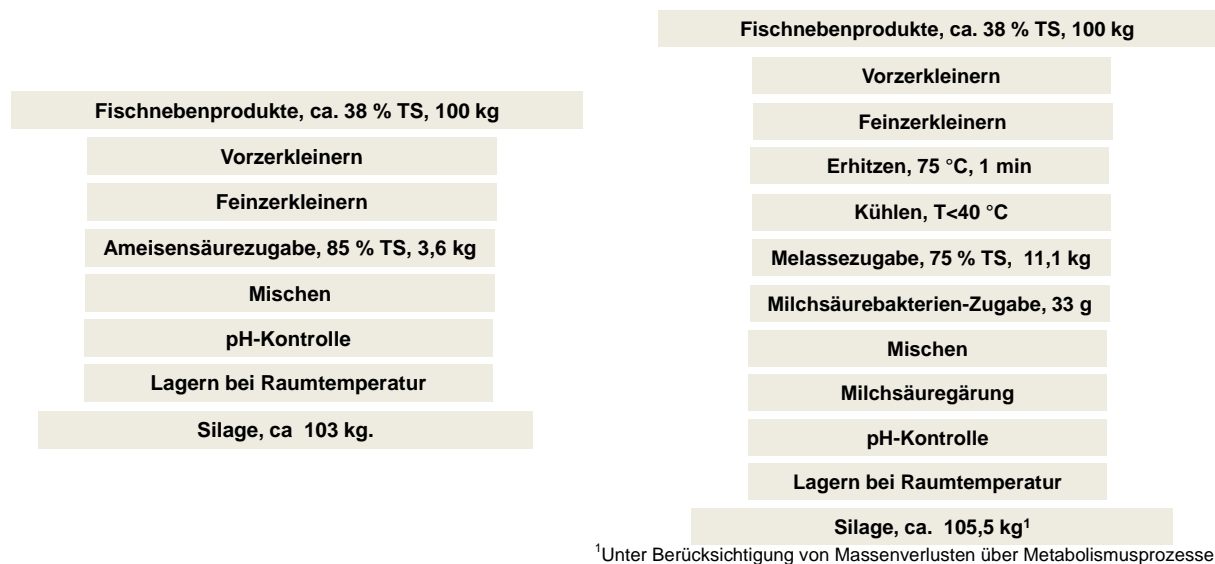
Posten	Preis/Einheit Richtwerte [€]	Jährliche Ab- schreibung [€]	Benötigte Menge pro 100 kg FNP	Kosten pro 100 kg FNP [€]
Rohstoffe				
Fischnebenprodukte	0 €/kg		100,0 kg	0,00 €
Ameisensäure (85%ig) ¹	900 €/t		3,6 kg	3,24 €
Melasse (75%ig) ²	250 €/t		11,1 kg	2,78 €
Milchsäurebakterien ²	0,74 €/g		3,3 g	2,44 €
Maschinen u. Geräte				
Zwischenbehälter (1 St., 1100 L)	468 €	47 €		0,09 €
Prozesstank ² (1 St., 1000 L, Elektroheizung, Doppel- mantel zum Heizen und Kühlen)	12.000 €	1.200 €		2,40 €
Schraubpumpe (0,5- 1,0t/h regelbar, fahrbar),	3.500 €	350 €		0,70 €
Fleischwolf (1,2 t/h)	8.500 €	850 €		1,70 €
Waage	1.600 €	320 €		0,64 €
pH-Meter	485 €	97 €		0,19 €
Lagertanks (10 St. je 1000 L, IBC Behälter mit Kunst- stoffpalette,)	375 €	375 €		0,75 €
Energiekosten				
Summe der Maschinen				
- Chemische Silierung	0,25 €/kWh		2,2 kWh	0,55 €
- Biologische Silierung	0,25 €/kWh		3,0 kWh	0,75 €
Personalkosten				
0,1 Arbeitskraft pro Jahr	30.000 €/a.			6,00 €
Sachkosten				
- Chemische Silierung				13,86 €
- Biologische Silierung				18,44 €
Gemeinkosten (30 % der Sachkosten)				
- Chemische Silierung				4,16 €
- Biologische Silierung				5,53 €
Selbstkosten				
- Chemische Silierung				18,02 €
- Biologische Silierung				23,97 €

¹ Nur für die chemische Silierung ² Nur für die biologische Silierung

Die Vor- und Feinzerkleinerung soll nacheinander mit dem gleichen Fleischwolf und unter Anwendung verschiedener Lochscheiben erfolgen. Die Durchmischung der zerkleinerten FNP und der Silierzusätze soll mit Hilfe einer Schraubpumpe bewerkstelligt werden, indem das Gut im Lagerbehälter eine bestimmte Zeit im Kreislauf umgepumpt wird. Da das Material durch das Pumpen mechanisch beansprucht wird, wäre eine feinere Zerkleinerung des Materials damit verbunden. Zur Lagerung der Silage sind 10 IBC Behälter (Intermediate Bulk Container) mit jeweils 1000 L Kapazität vorgesehen. Diese Lager- und Transportbehälter sind für saure Lebensmittel geeignet, mit Stahlrohrrahmen und Kunststoffpaletten versehen und mehrfach stapelbar. Spätestens nach Ausschöpfung der maxi-

malen Lagerkapazität (10 Tonnen) soll die Silage einer Weiterverarbeitung (z. B. die Pelletherstellung) zugeführt werden.

Es wird eingeschätzt, dass bei einer wöchentlichen Verarbeitung von einer Tonne FNP eine Person etwa 4 h pro Woche benötigt, um die Arbeiten im Zusammenhang mit dem Silieren zu verrichten. Für die Silierung ist somit $\frac{1}{10}$ einer vollen Arbeitskraft einzuplanen. Anfallende Wasser-, Abwasser-, Reinigungs- und Verwaltungskosten wären über die angegebenen Gemeinkosten (30 % der gesamten Sachkosten) abzurechnen.



¹Unter Berücksichtigung von Massenverlusten über Metabolismusprozesse

Abbildung 10: Verfahrens- und Massenfließbilder für die chemische (links) und biologische (rechts) Silierung von Fischnebenprodukten

4.2 Ergebnisse und Vergleich mit anderen Konservierungsmethoden

Aus der obigen Berechnung geht hervor, dass die Selbstkosten zur chemischen Silierung von 100 kg FNP etwa 18 EUR (18 Cent pro Kg) betragen. Für die biologische Silierung lägen die Kosten um ein Drittel höher (ca. 24 EUR pro 100 kg bzw. 24 Cent pro kg), da für diesen Prozess höhere Rohstoffkosten anfallen und eine thermische Vorbehandlung unbedingt notwendig ist. Aus Kostengründen und unter Berücksichtigung der einfacheren Handhabung ist die chemische Silierung vorzuziehen. Eine exakte Kostenkalkulation sollte aber Gegenstand zukünftiger Arbeiten sein.

Das Öko-Institut (Öko-Institut e.V. 2012) führte Vergleiche des Energieverbrauchs bei der Silierung und bei der Tiefkühlagerung (TK-Lagerung) durch. Für die TK-Lagerung wurde eine Aufbewahrung der FNP in einem effizienten Tiefkühlraum sowie in einem relativ ineffizienten, real existierenden Tiefkühlraum bilanziert. Um einen fairen Vergleich zwischen der Silierung und der TK-Lagerung zu ermöglichen, wurden gleiche Zerkleinerungs- und Mischprozesse bei beiden Konservierungsmethoden vorausgesetzt. Schon bei einer effizienten TK-Lagerung werden 245 Wh bzw. 173 Wh pro kg FNP mehr benötigt als bei der chemischen Silierung (ohne Wärmebehandlung) bzw. bei der biologischen Silierung (mit Wärmebehandlung). Bei der TK-Lagerung in einem real existierenden Tiefkühlraum beträgt der Mehrenergieverbrauch sogar 1506 Wh bzw. 1434 Wh pro kg FNP. Ohne Berücksichtigung anderer Kostenpositionen hätte man bereits bei einer effizienten TK-Lagerung Mehrkosten von mindestens 6,12 Cent pro kg FNP im Vergleich zur chemischen Silierung und 4,33 Cent pro kg FNP im Vergleich zur biologischen Silierung. Ein möglicher Wärmebedarf zum Auftauen des Gefrierguts vor einer weiteren Verarbeitung wird dabei nicht berücksichtigt. Andererseits werden die Silierzusatzstoffe

und die entsprechenden Kosten (3,2 Cent/kg FNP bei der chemischen Silierung bzw. 5,2 Cent/kg FNP bei der biologischen Silierung) bei der TK-Lagerung eingespart.

Nach Tülsner, 1994, kann man bei Fischgewebe mit einer Erstarrungsenthalpie von ca. 0,070 kWh/kg und einer spezifischen Wärmekapazität von ca. 0,001 kWh/°C.kg (bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes) rechnen. Unter der Annahme, dass für eine einfache Kühllagerung (Lagerung bei etwa 5 °C) eine Senkung der Temperatur der FNP um 10 °C nötig wäre, würde der Energiebedarf der Kühllagerung nur etwa ein Siebtel des Energiebedarfs der TK-Lagerung (mögliche Zerkleinerungsprozesse und Kälteverluste ausgenommen) betragen. Der Energiebedarf pro kg FNP bei einer effizienten Kühllagerung steigt um ca. 35 Wh im Vergleich zu der chemischen Silierung, sinkt aber im Vergleich zu der biologischen Silierung um ca. 37,5 Wh. Analog der Tiefkühlung werden die Silierzusatzstoffe nicht benötigt. Die einfache Kühlung ist aus dieser Sicht ökonomisch günstiger als die Silierung, allerdings ist dadurch nur eine maximale Lagerdauer von 3 bis 5 Tagen möglich. Darüber hinaus ist mit starken mikrobiologischen Beeinträchtigungen bei den FNP zu rechnen.

Eine weitere wichtige Form der Konservierung organischen Materials ist die Trocknung. Die Trocknungstechnologie für Fischnebenprodukte ist aus der Fischmehlherstellung bekannt. Bei einer dezentralen Trocknung ist zu bemerken, dass wegen der saisonabhängigen Fischverarbeitung ein großer Trockner nur einige Monate voll ausgelastet werden kann und der gleichmäßige Einsatz eines kleinen Trockners die Vorkonservierung und Lagerung der Fischnebenprodukte voraussetzt. Eine Vorkonservierung und Lagerung ist auch dann nötig, wenn die FNP zentral, von einer anderen Firma, getrocknet werden. Zurzeit liegt der Nettopreis für Fischmehl bei ca. 1,5 € pro kg (92 % TS) bzw. 1,63 € pro kg TS. Vergleichsweise würden die Kosten für die chemische Silierung ca. 0,474 € pro kg TS betragen.

Zu berücksichtigen ist, dass sowohl bei der einfachen Kühllagerung als auch bei der TK-Lagerung spezielle, gut isolierte Lagerräume nötig sind, in denen die entsprechenden Kühlbedingungen eingehalten werden sollen. Die Lagerung der silierten oder der getrockneten FNP kann dagegen bei Raumtemperatur erfolgen.

5 Trockenfutter aus den silierten Fischnebenprodukten

5.1 Ziel und allgemeines Verfahren zur Trockenfutterherstellung

Aus ökologischer Sicht verbietet sich der Einsatz von Feuchtfuttermitteln aufgrund ihres erheblichen Wasserbelastungspotenzials (Schreckenbach 2000). Da die silierten Produkte in dieser Form wegen des sehr hohen Flüssigkeitsgehaltes nicht direkt als Fischfutter eingesetzt werden können, sollten daraus Pellets unter Zugabe weiterer Zutaten produziert werden. Eine ökonomisch vertretbare Aufzucht karnivorer Fischarten setzt den Einsatz pelletierter Trockenfuttermittel voraus. Der Prozess der Fischfütterpelletherstellung wird an Hand der Probe F1 beschrieben. F1 sind chemisch silierte Fischnebenprodukte (Karkassen und Innereien von Saiblingen). Die Zusammensetzung dieser Probe (vor und nach einer Ölabtrennung) ist aus der Tabelle 6 zu entnehmen. Das allgemeine Verfahren zur Pelletherstellung lässt sich kurz gefasst wie folgt beschreiben: Silage entfetten → Silage neutralisieren auf pH=6-7 → Zutaten abwägen → Alle Komponenten mischen → Pelletieren/Extrudieren → Nachtrocknen. Ein Verfahrens- und Massenfließbild der Pelletherstellung aus chemisch silierten Fischnebenprodukten wird in der Abbildung 11 dargestellt.

Eine vorherige Ölabtrennung aus der Silage ist günstig aber nicht unbedingt erforderlich und wurde nicht immer vorgenommen. Über die Ölabtrennung können der Ölgehalt des Endprodukts besser eingestellt und ein Teil des Öls gegebenenfalls für andere Zwecke genutzt werden. Ziel der Neutralisation war es, die Akzeptanz der Endprodukte (Pellets) als Futter bei den Fischen zu verbessern. Erste

Palatabilitätsversuche mit karnivoren Fischarten haben gezeigt, dass die Akzeptanz der neutralisierten und die der nicht neutralisierten Pellets vergleichbar ist.

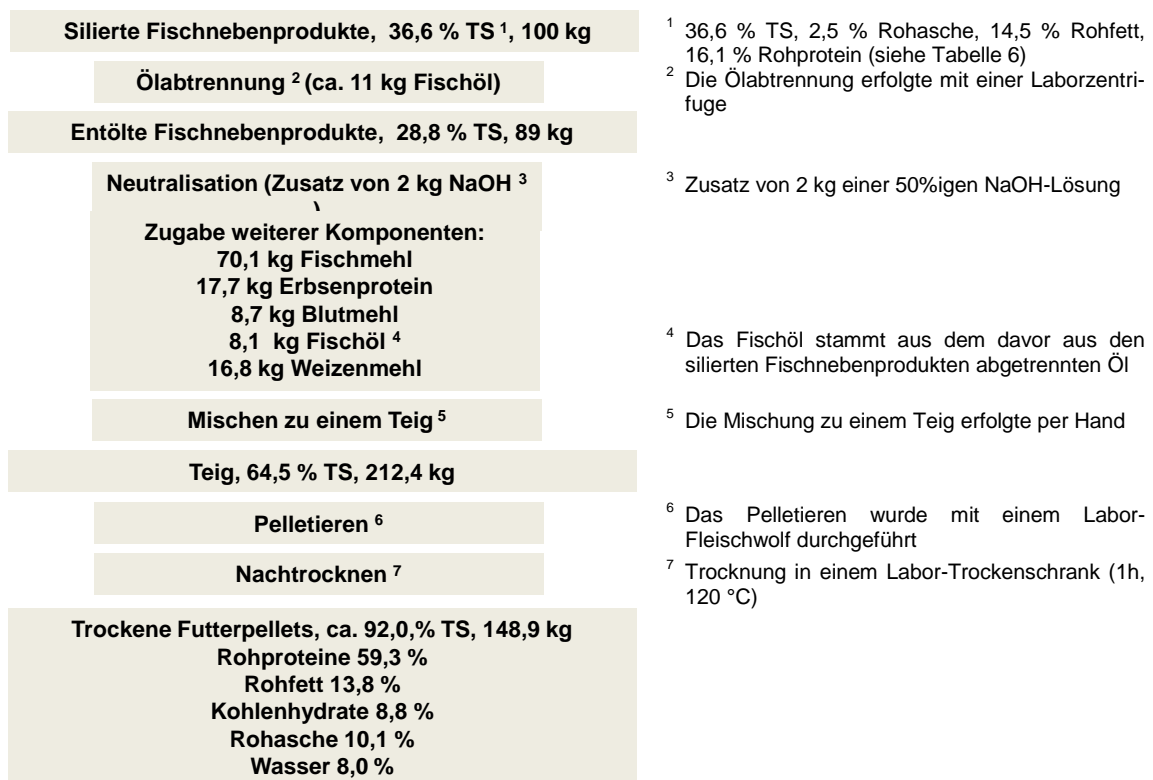


Abbildung 11: Verfahrens- und Massenfließbild der Pelletherstellung aus chemisch silierten Fischnebenprodukten

Unter Zugabe verschiedener Komponenten zur Bindung der Feuchtigkeit wurde ein Teig hergestellt. Bei dem Zusatz der Komponenten soll sowohl eine für die Formgebung (während des anschließenden Pelletierens) ausreichende Trockensubstanz als auch ein ausgewogenes Verhältnis Rohprotein zu Rohfett (analog industrieller Pellets) eingestellt werden. Die Ernährungsansprüche von karnivoren Fischarten wurden hier berücksichtigt.

Bei der angewandten Labortechnik war eine intensive Nachtrocknung (120 °C, 1 h) der Pellets aufgrund des noch hohen Wassergehaltes erforderlich. Mit modernen industriellen Anlagen wäre dieser Schritt zumindest in einer intensiven Form so nicht nötig, da die Drücke und die Friktionswärme beim Extrudieren (über 100 °C bei Kaltextrusion) um einiges höher als bei einem Labor-Fleischwolf liegen. Dies würde bereits beim Pelletieren/Extrudieren zur Verdampfung einer bestimmten Wassermenge führen.

5.2 Zusammensetzung des hergestellten Trockenfutters

Unter Einsatz verschiedener siliertes FNP wurden vier Trockenfutterrezepturen für karnivore Fischarten nach dem oben beschriebenen Verfahren entwickelt. Die Endzusammensetzung des hergestellten Trockenfutters (siehe Tabelle 11) ist ein Kompromiss zwischen den Ernährungsansprüchen von Zander und Forelle. Im Vergleich zu Forellenfutter enthält Zanderfutter in der Regel mehr Protein und weniger Fett, da bei Zandern ernährungsphysiologische Probleme aufgrund der Fettakkumulation in inneren Organen entstehen können (Günther / Rennert / Wirth 2004, Böhm 2005, Müller-Belecke / Thürmer / Zienert 2010)

Tabelle 11: Zusammensetzung hergestellter Trockenfutter für karnivore Fischarten

Nr.	Ausgangsilage ¹	Rohprotein [%]	Rohfett [%]	Kohlenhydrate [%]	Rohasche [%]	Wasser [%]
1	A1.1 ²	56,5	15,9	10,0	9,6	8,0
2	F1 ³	59,3	13,8	8,8	10,1	8,0
3	F1 ⁴	59,7	13,9	8,9	9,5	8,0
4	C3.2 ²	57,3	15,2	9,5	10,0	8,0
5 ⁵		40 - 50	15 - 30	15 - 25	6 - 9	8,0
6 ⁶		50 - 60	10 - 17			

¹ Die Silagezusammensetzung ist aus der Tabelle 6 zu entnehmen

² Die Silage wurde nicht entölt aber neutralisiert

³ Die Silage wurde entölt und neutralisiert

⁴ Die Silage wurde entölt aber nicht neutralisiert

⁵ Zusammensetzung von Masttrockenfutter für Forellen (Reiter 2005)

⁶ Günstige Zusammensetzung von Futter für Satz- und Speisezander (Böhm 2005, Müller-Belecke / Thürmer / Zienert 2010).

5.3 Ergebnisse und Auswertung

Allgemeines

Die Versuche zur Trockenfutterherstellung wurden im Labor durchgeführt. Um die prinzipielle Möglichkeit des Extrudierens mit einer Praxisanlage zu testen, wurde mit der Probe Locp2211 (siehe Tabelle 4), nach Ölabtrennung und unter Zumischung von weiteren Proteinen und Weizenmehl, ein Teig hergestellt und mit einem Extruder der Firma Lehmann Maschinenbau GmbH (Typ MSZK 15) extrudiert. Beim Extrudieren traten Temperaturen über 100 °C auf, was sich auf den mikrobiellen Status des Produkts positiv auswirkt und die Nachrocknung verkürzt. Mit dem eingesetzten Extruder, der zur Kompaktierung von nachwachsenden Rohstoffen entwickelt wurde, war es nicht möglich, Pellets unter 8 mm Durchmesser herzustellen und diese auf eine definierte Länge zu schneiden. Während des Extrudierens kam es zusätzlich zu einer Kontamination des Teigs mit Rückständen aus einem vorigen Versuch. Die Pellets zeigten nicht die geforderte Qualität, aber die Extrudierbarkeit des Teigs mit einer Praxismaschine wurde nachgewiesen.

Die im Labor hergestellten Trockenfutterpellets hatten hinsichtlich Konsistenz, Farbe, Geruch und Geschmack die typischen Eigenschaften von industriell hergestellten Produkten. Obwohl die Schnittflächen der Pellets Unebenheiten vorwiesen, beurteilte das Personal in Betrieben der Teichwirtschaft, Salmonidenerzeugung und Futterherstellung das allgemeine Aussehen der Pellets als befriedigend. Mit den Pellets wurden Palatabilitätsversuche durchgeführt (siehe nächstes Kapitel).

Mikrobiologische Beschaffenheit

In Anlehnung an die VO 142/2011, Anhang IV, Kapitel III, wurde die Keimbelastung mit *Clostridium perfringens*, *Salmonella* und *Enterobacteriaceae* bei drei Pelletproben von einem unabhängigen Labor untersucht (siehe Tabelle 12). Die o. g. Mikroorganismen sind bekannte Krankheitserreger, und ihr Nachweis dient zur allgemeinen Beurteilung des Hygienestatus von Futtermitteln. In keiner der Proben waren diese Mikroorganismen nachweisbar. Somit zeigt sich, dass aus mikrobiologischer Sicht eine gute Qualität bei der Pelletherstellung aus silierten FNP erreicht werden kann. Obwohl zu erwarten ist, dass die für die Speisefischaquakultur relevanten viralen Erreger während des Produktionsprozesses inaktiviert werden, wird es empfohlen, bei zukünftigen Arbeiten die Pellets auf Anwesenheit von diesen Viren ebenfalls zu untersuchen.

Tabelle 12: Mikrobiologische Untersuchung von Trockenfutter aus silierten Fischnebenprodukten

Probe ¹	Ausgangs-Silage ²	<i>Clostridium perfringens</i> Keimzahl [KbE/g]	<i>Enterobacteriaceae</i> Keimzahl [KbE/g]	Salmonellen Keimzahl [KbE/ 25 g]
1	A1.1	n.n.	n.n.	n.n.
3	F1	n.n.	n.n.	n.n.
4	C3.2	n.n.	n.n.	n.n.

¹ Siehe Tabelle 11

KbE: Koloniebildende Einheit

² Siehe Tabelle 4 und Tabelle 5

n.n.: nicht nachweisbar

Verhalten im Wasser

Im Labor hergestellte Trockenfutterproben wurden in ein Becherglas mit Wasser gelegt. Die Pellets schwammen kurz auf der Oberfläche und sanken langsam zu Boden. Über 48 h wurden die Pellets im Wasser stehen gelassen. Während dieser Zeitspanne quollen die Pellets etwas auf, blieben jedoch formstabil. Es ist also zu erwarten, dass bei der Anwendung dieser Pellets kein größeres Wasserbelastungspotenzial als bei herkömmlichen Pellets entsteht.

Ökonomische Betrachtung

Aus 100 kg Silage und den zugesetzten Komponenten erhält man ca. 149 kg Pellets (92 % TS). Es bleiben außerdem 2,9 kg Öl übrig, die anderweitig genutzt werden können. Der Energieverbrauch der Laborgeräte bei der Pelletherstellung im Labormaßstab wurde nicht erfasst, da dieser keine praktische Relevanz hat.

Bei der konventionellen Herstellung von Fischfutterpellets wird als Fischproteinquelle ausschließlich Fischmehl eingesetzt. Zur herkömmlichen Produktion von Fischmehl werden zunächst aus dem Rohstoff (z. B. Fischnebenprodukte) Öl und teilweise Wasser mechanisch abgetrennt. Die verbleibenden festen, feuchten Bestandteile werden dann getrocknet. Aus dem Rohstoff werden Fischmehl und Fischöl in dieser Weise als Enderzeugnisse im Fischmehlwerk gewonnen. Obwohl einige Anpassungen notwendig wären, könnte die konventionelle Technologie der Fischmehlproduktion ebenfalls zur Verarbeitung von silierten Fischnebenprodukten genutzt werden. Im Gespräch mit einem Fischmehlwerk hat dieses seine Bereitschaft erklärt, silierte Fischnebenprodukte zur Fischmehlherstellung einzusetzen. Zur Produktion von Fischfutterpellets könnte dann die konventionelle Technologie zur Anwendung kommen.

Aus energetischer Sicht dürfte die Fischmehlproduktion aus silierten Fischnebenprodukten mit der aus frischen (nicht silierten) Fischnebenprodukten vergleichbar sein. Zur Silierung von 100 kg Fischnebenprodukten werden nur 3,6 kg 85%iger Ameisensäure (0,54 kg Wasser enthaltend) zugesetzt (Gesamtmasse 103,6 kg). Die Zusammensetzung von silierten und nicht silierten Fischnebenprodukten ist also sehr ähnlich. Zur Fischmehlproduktion müssten fast die gleichen Wasser- und Ölmengen aus beiden Rohstoffen entfernt werden (vergleichbarer Energieaufwand). Die mechanische Wasser- und Ölabtrennung dürfte bei den silierten Fischnebenprodukten sogar einfacher sein, da diese von den bei der Silierung ablaufenden Hydrolyseprozessen erleichtert wird. Dadurch dürfte die energieintensivere thermische Wasserabtrennung reduziert werden.

6 Palatabilität des hergestellten Trockenfutters

6.1 Ziele und Versuchsbeschreibung

Ziel dieses Arbeitspakets war es, die Akzeptanz der hergestellten Pellets bei Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) und Zandern (*Sander lucioperca*) zu überprüfen. Beide Fischarten gehören zu den piscivoren Wirtschaftsfischarten, für deren optimale Ernährung Fischmehl und -öl, trotz vielfältiger

Ansätze zur Substitution durch pflanzliche Ersatzstoffe, nach wie vor benötigt werden. Dabei zeichnet sich die Regenbogenforelle durch ein gieriges Fressverhalten und eine geringe Selektivität gegenüber den Futtermitteln aus. Zander weisen ein gemäßigtes Fressverhalten auf und sind unpassenden Futtermitteln gegenüber deutlich kritischer und selektiver.

Es wurden vier selbst hergestellte Trockenfuttermittel (Pellets) mit einer Futterkörnung von ca. 4,5 mm getestet. Diese sind in den Tabelle 11 und Tabelle 13 beschrieben.

Tabelle 13: Für die Palatabilitätsuntersuchung eingesetzte Trockenfuttermittel aus silierten FNP

Nr.	Ausgangsilage ¹	Zugabe von BHT ² bei der Silierung	Neutralisation mit NaOH	Lagerung der Silage bis Pelletherstellung [Monate]
1	A 1.1	Nein	Ja	5
2	F 1 ³	Ja	Ja	2
3	F 1 ³	Ja	Nein	2
4	C 3.2	Nein	Ja	4

¹ Siehe Tabellen 4, 5, 11 ² BHT: Butylhydroxytoluol (Antioxidans) ³ Die Silage wurde entölt

Die Regenbogenforellen (Anfangsgesamtmasse ca, 127,5 kg) wiesen im Versuchszeitraum eine Individualstückmasse von rund 350 g auf. Sie stammten vom Forellenhof Themar und wurden am Institut für Binnenfischerei in einem 20m³ großen Netzgehege gehalten. Dieses war zum Schutz vor Fischgreifern mit einem Abdecknetz versehen und befand sich an einer Steganlage im vom Institut fischereilich bewirtschafteten Sacrower See. Die Fische wurden dort unter natürlich vorherrschenden Umweltbedingungen (Temperatur, Witterung etc.) gehältert. In dem Netzgehege wurde zur Überprüfung der Futteraufnahme ein Futtertisch (Seitenlänge 1,30 x 1.30 m) auf rund 1,5 m Wassertiefe installiert. Dies geschah mit einiger Vorlaufzeit, damit sich die Tiere an diesen gewöhnen konnten. Auf dem Futtertisch sollte sich das während der Fütterung nicht aufgenommene Futter sammeln. Auf Grundlage der zurückgebliebenen Menge konnte anschließend eine Einschätzung der Futteraufnahme erfolgen (siehe Abbildung 12: Schematische Darstellung des Netzgeheges mit eingehängtem Futtertisch).

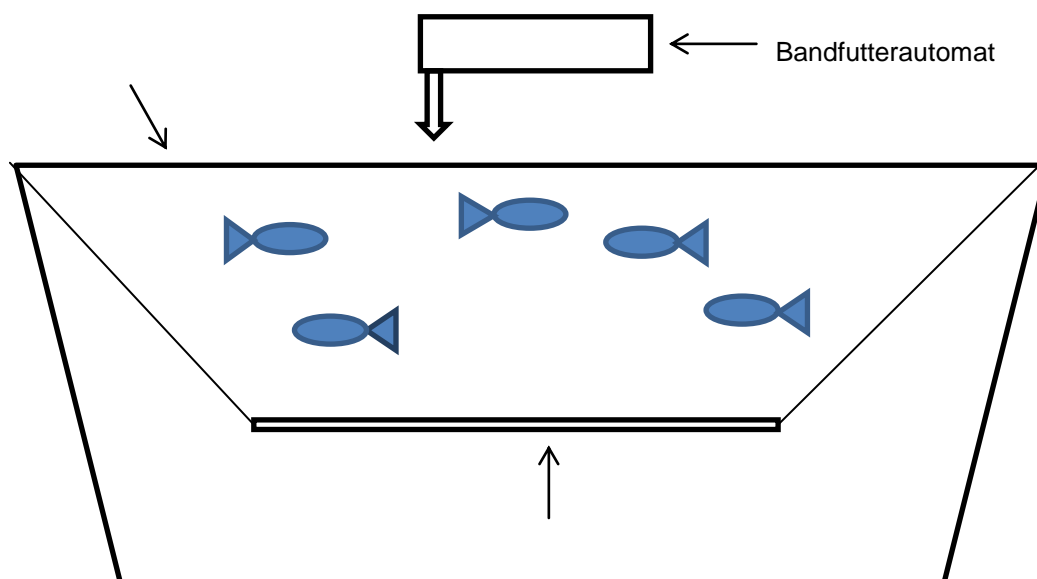


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Netzgeheges mit eingehängtem Futtertisch

Die Forellen wurden täglich mit einer Futterintensität von 0,6 - 0,65% ihrer Gesamtmasse gefüttert. Die tägliche Futterration bewegte sich im Versuchszeitraum zwischen 829 und 870 g Trockenfutter am

Tag. Neben den vier Testfuttermitteln kamen zwei konventionelle Trockenfuttermittel (Aller Metabolica & Aller 54/16) zum Einsatz. Da von den zu testenden Futtermitteln pro Tag jeweils zwischen 63 und 93 g zur Verfügung standen, wurde die Differenz zur benötigten Futterration mit den konventionellen Futtermitteln ausgeglichen. Damit konnten täglich ein identischer Sättigungsgrad und eine vergleichbare Futteraufnahme am Folgetag sichergestellt werden. Die Verabreichung der Testfuttermittel erfolgte jeden Morgen nach einer rund 12 Std. nüchternen Phase, einem bestimmten Schema folgend. Während der Fütterung wurden durch eine Brille mit Polarisationsfilter die Futteraufnahme und das Verhalten der Tiere beobachtet. Nach Verabreichung der letzten Gabe wurden erneut rund 20–30 g konventionellen Futters verabreicht, um anhand des Futteraufnahmeverhaltes eventuelle Unterschiede zwischen konventionellem und dem Testfuttermittel herauszustellen. Nach einer Wartezeit von rund drei Minuten wurde der Futtertisch heraufgezogen, auf evtl. vorhandene Futterreste hin überprüft und anschließend abgesenkt. Nach Beendigung der Futterüberprüfung wurde der Rest der Tagesration an konventionellem Trockenfutter über Bandfutterautomaten verabreicht. Die Testfuttermittel wurden an vier aufeinander folgenden Tagen mit einer Wiederholung überprüft. Die genaue Testfuttermenge, Tagesgesamtration, Fütterungszeiten, Wassertemperatur und die herrschenden Witterungsbedingungen zum Fütterungszeitpunkt wurden notiert.

Die Zander stammten aus eigener Nachzucht des Instituts für Binnenfischerei und wiesen eine Anfangsgesamtmasse von 8 kg auf. Ihre Individualstückmasse betrug während des Untersuchungszeitraums rund 200 g. Die Tiere wurden zwei Wochen vor Untersuchungsbeginn in die Versuchskreislaufanlage übergeführt und an die dort vorherrschenden Bedingungen und eine Futterkörnung von 4,5 mm gewöhnt. Ein Versuchsaufbau wie bei den Forellen war beim Zander aufgrund seines grundlegend unterschiedlichen Fraß- und Ruheverhaltens nicht möglich. Die Untersuchung wurde in einem kleinkalibrierten, geschlossenen Kreislaufsystem unter kontrollierten Bedingungen vorgenommen (siehe Abbildung 13). Hier konnte über den ganzen Tag mehrmals wenig Futter eingestreut werden, und aufgrund des Haltungsbeckens aus Glas ließ sich das Verhalten der Tiere gut beobachten.

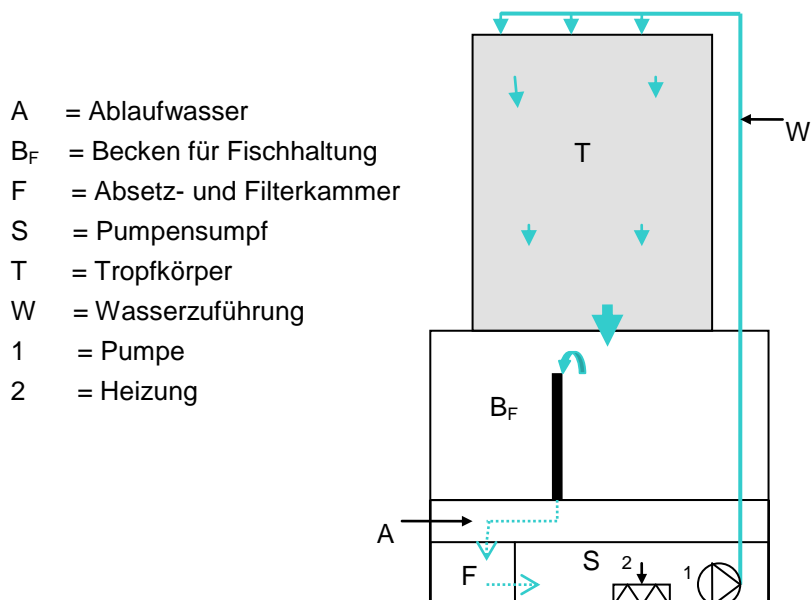


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Haltungseinrichtung für den Zander

In dem verwendeten Kreislaufsystem lag der Wasserstand während der Untersuchung bei 55 cm, was einem nutzbaren Wasservolumen von rund 800 L entsprach. Zusammen mit Pumpensumpf und Absetzkammer ergab sich ein Gesamtwasservolumen von einem Kubikmeter. Im Laufe der letzten Jahre

hat sich bei Untersuchungen am IfB eine Haltung in dämmeriger Umgebung für den Zander als positiv herausgestellt. Daher war die Haltungseinrichtung teilweise mit Silofolie abgeklebt und mit einer Abdeckung aus Glasfaserverbundstoff versehen, um den Innenraum abzudunkeln. Eine Beleuchtung erfolgte indirekt über die Beleuchtung des Aufstellortes, wobei tagsüber durch Fenster Tageslicht eintreten konnte.

Den Zandern wurde an den Futtertagen jeweils rund 40 g Trockenfutter verabreicht. Dies entspricht einer Fütterungsintensität von rund 0,5 % ihrer Gesamtmasse. Die Fütterung erfolgte über einen Futterautomaten, der die definierte Futtermenge über einen Zeitraum von 24 Stunden in die Haltungseinrichtung einbrachte. Verwendet wurde neben den bereitgestellten Testfuttermitteln als konventionelles Vergleichsfuttermittel Aller Metabolica 4,5 mm. Die Verabreichung der Testfuttermittel erfolgte im dreitägigen Rhythmus und in zwei Wiederholungen. Auf einen Tag mit Testfuttermitteln folgte ein Tag, an dem das konventionelle Vergleichsfutter verabreicht wurde. Damit sollten Auswirkungen auf das Aufnahmeverhalten der Tiere im Allgemeinen, beispielsweise Futterverweigerung, durch die Gabe der Testfuttermittel oder andere Umwelteinflüsse festgestellt werden.

Um eine Verweigerung der Testfuttermittel durch mangelnden Antrieb zur Nahrungsaufnahme zu vermeiden, wurden die Tiere vor jedem Testfuttertag einen Tag nüchtern gehalten. Während der Futtertage wurde das Becken während der Fütterung und am folgenden Morgen, nach Verabreichung der gesamten Futtermenge, regelmäßig auf Futterreste hin untersucht. Diese sammelten sich aufgrund der Strömungsverhältnisse im Becken an strömungsarmen Stellen und waren mit einer Taschenlampe im klaren Wasser eindeutig zu erkennen. Waren morgens noch Futterreste in der Haltungseinrichtung zu finden, wurden diese komplett abgesaugt. Anhand der vorhandenen Reste wurde eine Schätzung zur Futteraufnahme vorgenommen. Während des Untersuchungszeitraumes wurden täglich Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt in der Haltungseinrichtung erfasst. Darüber hinaus erfolgte eine wöchentliche Untersuchung der chemischen Wasserparameter (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2) im institutseigenen Labor.

6.2 Ergebnisse und Auswertung

Alle Futtermittel wurden, mit Ausnahme vom ersten Durchgang bei Testfuttermittel 1, in beiden Durchgängen von den Forellen schnell und gierig gefressen. Die gegebenen Mengen wurden von den Tieren fast restlos aufgenommen. Auf dem Futtertisch wurden keine Futterreste festgestellt. Bei dem Testfuttermittel 1 dagegen stellte sich bereits bei der zweiten Gabe des ersten Durchgangs ein Desinteresse der Fische an dem Futter ein. Im zweiten Durchgang aber wurde das Testfuttermittel 1, wie alle anderen, sofort und komplett durch die Forellen aufgenommen. Dies erfolgte gut sichtbar an der Wasseroberfläche bzw. auf den ersten 30 cm der Wassersäule. Worauf diese Unterschiede in der Futteraufnahme beruhen, konnte leider nicht abschließend geklärt werden. Mögliche Ursache für die insgesamt schlechtere Akzeptanz des Futtermittels 1 ist die stärkere Oxidation enthaltener Fette. Dieses Futtermittel enthielt keine Antioxidantien und wurde am längsten gelagert (siehe Tabelle 13). Oxydierte Fette werden ranzig und bilden „Off-Flavor-Stoffe“. Fische können darauf empfindlich reagieren.

Die Regenbogenforelle besitzt ihren Vorzugsbereich bei einer Wassertemperatur zwischen 9 °C und 17 °C. Die gemessenen Wassertemperaturen während der Fütterung lagen zwischen 10,2 und 17,6 °C. Eine Beeinflussung der Ergebnisse, bedingt durch suboptimale Wassertemperaturen, kann daher ausgeschlossen werden. Eine Abhängigkeit von der Witterung konnte während der Untersuchungen des Futteraufnahmeverhaltens ebenfalls nicht beobachtet werden.

Das Verhalten der Zander bei der Futteraufnahme des Testfutters war durch eine mäßige Reaktion auf herabsinkende Futterpartikel geprägt. Der Anteil an Futterresten betrug ca. 30–35 % bei Futtermit-

tel 1, rund 20–25% bei den Futtermitteln 2 und 3 sowie über 50% bei Futtermittel 4. Das konventionelle Futtermittel wurde dagegen von den Zandern sofort akzeptiert und komplett aufgenommen. Die erfassten chemischen und physikalischen Wasserparameter wiesen zu keiner Zeit ungünstige Werte auf. Damit kann ein negativer Einfluss der Haltungsumwelt auf die Fische und die Futterraufnahme ausgeschlossen werden. Die im Vergleich zu den anderen Testfuttermitteln bessere Akzeptanz der Futtermittel 2 und 3, die Antioxidantien enthielten, zeigt auch hier, dass die Fettoxidation die Futterraufnahme deutlich beeinträchtigt.

Vergleicht man die Futterraufnahme der Zander und Regenbogenforelle miteinander, wird deutlich, dass die Regenbogenforellen eine deutlich bessere Futterraufnahme als die Zander zeigten. Diese lag bis auf eine Ausnahme bei annähernd 100%. Für Regenbogenforellen kommt das getestete Futter, für die Palatabilität betrachtet, zumindest als Supplement für ein konventionelles Trockenfutter in Frage.

Bei Zandern war die Futterraufnahme mit Futterresten bis zu >50% deutlich schlechter als bei den Regenbogenforellen. Doch auch die besseren Futterraufnahmen (Futter 2 und 3) mit bis zu 20% Futterresten sind aus ökonomischer und wasserhygienischer Sicht ebenfalls als nicht akzeptabel einzustufen. Eine Verwendung der Testfuttermittel als Zanderfutter ist im Hinblick auf die Palatabilität mit dem momentanen Herstellungsprozess und der jetzigen Zusammensetzung nicht anzuraten. Es ist zu berücksichtigen, dass die Testfuttermittel unter nicht optimalen Laborbedingungen hergestellt wurden. Die Futterherstellung aus silierten FNP bietet noch umfangreiche Optimierungsmöglichkeiten.

Interessanterweise scheint sich die Verwendung von Antioxidantien im Futter positiv auf die Futterraufnahme auszuwirken, insbesondere bei Zandern. Eine Neutralisation der Säuren scheint dagegen nicht unbedingt erforderlich zu sein. Die Aufnahme des Futtermittels 2 (neutralisiert) und die des Futtermittels 3 (nicht neutralisiert) waren vergleichbar.

Insgesamt stellen die getesteten Trockenfuttermittel eine interessante Möglichkeit dar, konventionelle Futtermittel in der Forellenerzeugung zu ersetzen oder zu supplementieren. Eine weitergehende Überprüfung der Futtermittel mit Blick auf die Wachstumsleistungen, Schlachtkörpermerkmale und die Futtermittelverwertung bei Anwendung der aus Silage hergestellten Futtermittel stellen auf dem Weg zu einer Anwendung in der Praxis den nächsten wichtigen Schritt dar.

7 Einschätzung der Machbarkeit der Silierung und Trockenfutterherstellung in deutschen Betrieben der Aquakultur

7.1 Zielstellung und Herangehensweise

Ziele der Befragung

Um die Machbarkeit der Silierung und Trockenfutterherstellung in der Praxis zu bewerten, war es im weiteren Verlauf des Projektes notwendig, Inhaber bzw. Experten von Teichwirtschaftsbetrieben, von Betrieben mit Durchlaufanlagen zur Salmonidenerzeugung und von Fischfuttermittelwerken zu befragen. Im Mittelpunkt standen zwei Themen:

- A.) Wie werden aktuell Fischnebenprodukte in den Unternehmen gesammelt und entsorgt? Welche Möglichkeiten einer Vor-Ort-Konservierung werden gesehen und wie kann diese umgesetzt werden?
- B.) Können konservierte Fischnebenprodukte vor Ort zu Trockenfuttermitteln weiterverarbeitet werden oder ist eine zentrale Weiterverarbeitung sinnvoller? Welche Rahmenbedingungen müssen dafür geschaffen werden?

Methodische Herangehensweise

Um die genannten Themen zu bearbeiten, war die Erfassung einer Vielzahl von Daten erforderlich. Hierfür wurde folgende methodische Herangehensweise gewählt:

- Ermittlung der Strukturen in der Aquakultur Deutschlands und der entsprechenden Zielgruppen
- Recherche und Gruppierung der Unternehmen
- Stichprobenziehung
- Entwurf eines nichtstandardisierten Interviewleitfadens
- Face-to-Face-Befragungen vor Ort und Telefoninterviews.

Datenerfassung

a) Beschreibung der Strukturen

Karpfenteichwirtschaften (Brämick 2011)

Die teichwirtschaftliche Nutzfläche der deutschen Karpfenteichwirtschaft umfasste 2010 etwa 37.100 ha. Die Hauptezeugergebiete liegen schwerpunktmäßig in den Bundesländern Bayern, Sachsen und Brandenburg (zusammen 90 % der Gesamtfläche). Während in Bayern Kleinbetriebe mit nur etwas mehr als 2 ha Teichfläche wirtschaften, sind in Sachsen und Brandenburg Teichwirtschaften mit einer durchschnittlichen Flächenausstattung von ca. 150 ha zu finden. In diesen drei Bundesländern werden auch die höchsten Produktionsmengen erzielt, was sowohl die Gesamtmenge als auch den mittleren Hektarertrag betrifft (Sachsen 420 kg/ha, Bayern und Brandenburg jeweils 360 kg/ha). In Bezug auf die Absatzwege zeigte sich, dass der Großteil an Karpfen in der Haupterntezeit traditionell lebend an den Großhandel (und als Besatzfische an Anglerverbände) sowie frisch geschlachtet über die Direktvermarktung abgesetzt wird. Die Direktvermarktung, die auch außerhalb der Hauptezeugerregionen teilweise mehr als 30 % erreicht, präsentiert sich mit einer stetig erweiterten Produktpalette. Hierzu gehören küchenfertige Karpfen sowie grätengeschnittene und in Streifen geschnittene Filets genauso wie kalt geräucherte Karpfenstücke und Karpfenchips. Vor allem in diesen Unternehmen fallen große Mengen Schlachtnebenprodukte an. Sie gehören damit zur Zielgruppe zu befragender Unternehmen. Neben der Hauptfischart Karpfen werden in Karpfenteichen in geringeren Mengen auch Welse, Zander, Hechte, Schleie und Störe aufgezogen.

Insgesamt haben sich die Rahmenbedingungen für die Karpfenteichwirtschaft in Deutschland in den vergangenen Jahren verschlechtert. Steigende Erzeugerkosten, sinkende Absatzchancen und nicht adäquat steigende Preise führten dazu, dass Teilflächen zunehmend nicht mehr besetzt oder vollständig aufgegeben werden.

Betriebe der Salmonidenhaltung (Brämick 2011)

Zielfischarten des größten Teils fischereilich genutzter Anlagen sind Forellenartige, zu denen hauptsächlich Regenbogenforellen (ca. 95 %) sowie Lachsforellen, Bachforellen und Saiblinge (sog. Nebenfische) gehören. Sie benötigen einen ständig geregelten Durchfluss von unbelastetem, ganzjährig sauerstoffreichem und sommerkühlem Wasser in ausreichender Menge. Daher sind diese Standorte hauptsächlich in den mittleren und südlichen Bundesländern, hier vorrangig in den Mittelgebirgsregionen, verortet. Schwerpunktregionen mit einer Vielzahl von Forellenzuchten liegen in Bayern und Baden-Württemberg sowie in Niedersachsen, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen. Von den ca. 11.500 Forellenzuchtbetrieben werden nur in 53 Anlagen mehr als 100t produziert.

Zu den vorherrschenden Absatzwegen der Forellenzuchten gehören im Gegensatz zur Karpfenerzeugung vor allem der Verkauf an den Lebensmitteleinzelhandel (LEH), der direkte Absatz an gastrono-

mische Einrichtungen und die Abgabe an Kleinerzeuger zum Weiterverkauf an Endkunden. Die auf diesem Wege abgesetzte Ware umfasst je nach Bundesland 45-80 %. Während der LEH auch größere Mengen lebendfrischer Fische abkauft, nimmt die Verarbeitung zu küchenfertigen und geräucherten Fischen und Fischfilets sowie zu innovativen Fischprodukten (Fischchips, Fischsuppen, gerollte Filets, Grillspieße etc.) immer mehr zu. Beispielsweise werden in Thüringen 85 % der abgesetzten Forellen be- und verarbeitet. Die umfangreichste Palette verarbeiteter Fischerzeugnisse findet sich zurzeit in Baden-Württemberg. In den Betrieben mit wachsender Fischverarbeitung fallen zunehmend große Mengen von Schlachtnebenprodukten an. Somit gehören auch diese Betriebe zur Zielgruppe der zu befragenden Unternehmen.

Insgesamt bildet die Erzeugung von Forellen in durchflossenen Kaltwasseranlagen das Rückgrat und den Wachstumssektor der deutschen Aquakultur. In den vergangenen zehn Jahren ist die Forellenproduktion um ca. 30% gewachsen, wobei diese Steigerung vor allem auch durch kräftige Zuwachsraten bei den Nebenfischen erzielt wurde.

b) Recherche und Gruppierung der Unternehmen

Als problematisch zeigte sich die Gruppierung der Betriebsgrößen nach produzierter Tonnage, da entsprechende Angaben in der Regel öffentlich nicht zur Verfügung stehen. Hier erfolgte vielfach die Experteneinschätzung anhand von Informationen zu vorhandenen Teichflächen, Bewirtschaftungsformen, Wasserangebot etc. Insgesamt weisen Karpfenteichwirtschaften in Deutschland geringere durchschnittliche Betriebsgrößen als Betriebe der Salmonidenhaltung auf.

Folgende Gruppierung nach geschätzter Jahrestonnage wurde vorgenommen:

	Kleinbetrieb	Mittlerer Betrieb	Großbetrieb
Karpfenteichwirtschaft	< 10t	10–50t	> 50t
Salmonidenhaltung	< 30t	30–100t	>100t

Die Zuordnung nach Regionen erfolgte nach Postleitzahlgebieten. Die Betriebsliste führt zu folgender Subzellenbelegung:

Karpfenteichwirtschaft

	Nord	Mitte	Süd
Kleinbetrieb	3	1	1
Mittlerer Betrieb	9	12	12
Großbetrieb	1	9	2

Salmonidenhaltung

	Nord	Mitte	Süd
Kleinbetrieb	7	5	4
Mittlerer Betrieb	11	5	18
Großbetrieb	0	6	6

Auffällig ist die unzureichende Subzellenbelegung bei den Kleinbetrieben der Karpfenteichwirtschaft. Hier handelt es sich zumeist um Nebenerwerbsbetriebe, für die kein Anlass zur Öffentlichkeitsarbeit, etwa über eine betriebseigene Homepage oder die Werbung in Fachzeitschriften, besteht. Weiterhin offenbart die Subzellenbelegung die den Tatsachen entsprechende fehlende Präsenz großer Aquakulturbetriebe in Norddeutschland. Sie liegt in ungünstigen Standortvoraussetzungen für die Etablierung von Großbetrieben in der norddeutschen Tiefebene begründet. Das vergleichsweise kühle und windige norddeutschen Klima erweist sich als ungünstig für die Haltung wärmeliebender Karpfen. Ähnlich

stellt sich die Situation in der Salmonidenhaltung dar. Diese Aufzuchtform ist von großen Mengen kalten Frischwassers abhängig. Nur an den wenigen Mittelgebirgsrändern sind hier akzeptable Standortvoraussetzungen gegeben.

Bei den Karpfenteichwirtschaften im süddeutschen Raum handelt es sich zumeist um eher kleiner strukturierte Familienbetriebe. Großbetriebe mit mehr als 50 t Jahreserzeugung sind hier, im Gegensatz zu Mitteldeutschland, wo in Sachsen und Brandenburg aus ehemaligen LPG-Strukturen mehrere karpfenteichwirtschaftliche Großbetriebe hervorgingen, selten zu finden. Auch das spiegelt sich in der Subzellenbelegung der Stichprobenziehung wider.

Im Ergebnis der Recherche und Gruppierung von Aquakulturbetrieben erfolgte eine Zusammenstellung von insgesamt 112 Unternehmen mit Angaben zur Betriebsart und –größe (klein, mittel, groß) und der regionalen Verteilung (Nord, Mitte, Süd). Die Recherche erfolgte über öffentlich zugängliche Medien (insbesondere über Internet und Werbung in Printmedien) und nach den am Institut für Binnenfischerei zu verschiedenen Betrieben aus früherer Zusammenarbeit vorliegenden Informationen.

c) Stichprobenziehung

Es war geplant, eine Stichprobenziehung von fünf Betrieben pro Subzelle für die Befragungen nach Silierungs- und Pelletierungsmöglichkeiten für die im Betrieb anstehenden Fischnebenprodukte vorzunehmen. Über vorgegebene Filterfunktionen war eine einfache Gruppierung nach kleinen, mittleren und größeren Betrieben nach Betriebsart und Region möglich. Letztendlich wurden 41 Betriebe in folgendem Umfang für die Befragung herausgefiltert:

Karpfenteichwirtschaften: 8 Großbetriebe und 7 Betriebe mittlerer Größe

Betriebe der Salmonidenerzeugung: 12 Großbetriebe und 14 Betriebe mittlerer Größe.

Auf die Befragung kleiner Betriebe wurde verzichtet. Im Ergebnis telefonischer Stichproben zeigte sich, dass der größte Teil der kleinen Produktionsmengen überwiegend lebend bzw. frisch geschlachtet verkauft wird. Die geringen Mengen an Schlachtnebenprodukten werden mehrheitlich regional entsorgt.

d) Entwurf eines nichtstandardisierten Interviewleitfadens

Grundlage der Experteninterviews war ein Leitfaden, der sich in fünf Themenbereiche gliederte, aus denen unterschiedlich umfangreiche Informationen eingeholt wurden (Anhänge 4, 5 und 6).

Im ersten Teil des Fragebogens ging es schwerpunktmäßig um die Produktionsstruktur des Betriebes, seine Produktionsmengen und in welcher Betriebsart Fischproduktion, Verarbeitung und Vermarktung erfolgen, außerdem um Futterstruktur, -mengen und –kosten, den bevorzugten Futtermittelhersteller sowie um das Verhältnis von Futtereinsatz und Mengenzuwachs.

Im zweiten Teil wurde erfragt, wie aktuell geschlachtet und verarbeitet wird, welche Mengen an Nebenprodukten in welcher Struktur anfallen und wie diese bisher entsorgt worden sind. Hierbei interessierte vor allem aus Sicht der geplanten Silierung, ob Fischnebenprodukte gekühlt werden können und welche Lagerkapazitäten vorhanden sind.

Anschließend wurden im dritten und vierten Teil des Interviews die Verfahren der chemischen Silierung von Fischnebenprodukten und der Herstellung von Trockenfutterpellets aus Silage anhand von Fließbildern und Fotos erläutert, dabei auftretende Probleme sowie die rechtliche Situation diskutiert und über die Erwartungen an den Gesetzgeber gesprochen. Darüber hinaus ging es um hygienische/gesundheitliche Aspekte, um Qualitätsparameter und um die in den Unternehmen zu tätigen Investitionen.

Letztendlich ging es im fünften Teil der Befragung um die technisch-technologischen Möglichkeiten der Umsetzung der Verfahren in mittelständischen und großen Unternehmen der Aquakultur in die Praxis, die personalseitigen Voraussetzungen und die Bereitschaft der Unternehmer dazu. Auch wurde diskutiert, welche Ziele dabei zu erreichen und ob Kooperationen sinnvoll sind. Ebenso waren Vor- und Nachteile einer zentralen Umsetzung ein Schwerpunkt der Diskussion.

Für die Befragung der Vertreter der Futtermittelwerke wurde ein modifizierter Fragebogen verwendet. Im Mittelpunkt der Interviews standen vor allem Fragen zu den technisch-technologischen Voraussetzungen, im aktuellen Futtermittelherstellungsprozess aus konservierten Fischnebenprodukten aus Aquakulturbetrieben Trockenfuttermittel herzustellen. Hierbei ging es auch um Fragen des Transports siliierter Fischnebenprodukte, um notwendige Mengen zum Aufbau effizienter Strukturen und um die dabei zu erwartenden Kosten.

e) Befragungen vor Ort und Auswertung

Im Ergebnis der Stichprobenziehung mit insgesamt 41 Unternehmen kam es zur Auswahl von 25 zu befragenden Aquakulturbetrieben bundesweit, die sich mit der Produktion von Karpfen und Salmoniden und ihrer Verarbeitung im eigenen Unternehmen befassen. Darunter sind auch drei Unternehmen zu finden, die den zu verarbeitenden Fisch komplett zukaufen. Letztendlich fiel die Auswahl zu befragender Unternehmen auf 17 große und fünf mittelgroße Betriebe. Fast alle telefonisch angefragten kleinen Betriebe (<10t Karpfen und <30t Forellen) lehnten ein Interview ab bzw. zeigten aufgrund ihrer z. T. sehr kleinen Produktionsmengen kein Interesse. Die Standorte der ausgewählten Unternehmen befanden sich in insgesamt acht Bundesländern (6x in Sachsen, 2x in Brandenburg, 4x in Mecklenburg-Vorpommern, 5x in Niedersachsen, 1x in Nordrhein-Westfalen, 2x in Hessen, 4x in Bayern, 1x in Baden-Württemberg). Neun Unternehmen mittlerer und kleiner Größe wurden telefonisch befragt, sind aber nicht den 25 tabellarisch ausgewerteten Unternehmen zugeordnet. Informationen aus diesen Betrieben wurden im Text verarbeitet. Zusätzlich konnten zwei Futtermittelhersteller für ein Interview gewonnen werden.

Im Ergebnis der durchgeführten Interviews wurden alle vorliegenden Informationen in zwei Tabellen (Anhänge 7 und 8) zusammengefasst. In Anhang 7 erfolgt die Vorstellung der persönlich befragten 25 Unternehmen mit Produktionsstruktur und -menge, Futterstruktur und -kosten, Vermarktungsstruktur, Schlachtmenge und Menge der anfallenden Nebenprodukte, den aktuellen Entsorgungswegen und den Lagerungs- und Kühlkapazitäten. Anhang 8 erfasst die Bereitschaft der Unternehmen zur chemischen Silierung und zur Futterpelletherstellung sowie die Wege, die dafür gesehen werden, ebenso die Ziele, die die Unternehmen damit verfolgen.

7.2 Möglichkeiten der Vor-Ort-Konservierung von Fischnebenprodukten in den Erzeugerbetrieben

In den nachfolgenden Abschnitten erfolgt die Interpretation der Ergebnisse aus den Anhängen 7 und 8.

Von den 25 befragten Unternehmen werden in acht Karpfenteichwirtschaften 70t bis 350t Karpfen neben weiteren Fischen wie zum Beispiel Zandern, Schleien, Hechten, Welsen, Stören u. a. produziert. Aquakulturbetriebe mit dem Schwerpunkt Forellenzucht sind neben fünf mittleren Betrieben mit einer Produktionsmenge bis zu 100t mit sechs großen Betrieben, die eine Forellenproduktion von 150t bis 400t aufweisen, vertreten. In zwei Unternehmen werden ausschließlich Welse mit Produktionsmengen bis zu 250t pro Jahr gezüchtet, ein Unternehmen der Seefischerei erntet bei 300t vorrangig kleine Maränen, außerdem Aale, Zander, Karpfen, Hechte und Saiblinge.

Knapp 50% der befragten Unternehmen, überwiegend Karpfenteichwirtschaften, produzieren in naturnahen Teichen und/oder ökologisch und füttern begrenzt Getreidefutter, in der Regel von regionalen Anbietern, zu. Die übrigen Unternehmen, vor allem mit dem Schwerpunkt Forellenzucht, kaufen Forellenfutterpellets, ergänzen aber auch mit weiteren Mischfutterpellets und/oder Biofutter. Schwerpunktmäßig beziehen sie ihr Futter von der Fa. Scretting aus der Bretagne (vor allem mittlere und südliche Bundesländer), von der Fa. Biomar aus Dänemark (vor allem nördliche Bundesländer) und/oder von der Fa. Emsland-Aller Aqua (vor allem östliche Bundesländer).

In der Mehrzahl der Unternehmen betragen die Futtermittelkosten im Durchschnitt des Jahres ca. 40% der Gesamtkosten mit steigender Tendenz. Nur in wenigen Betrieben mit naturnaher Bewirtschaftung liegen die Futtermittelkosten, meistens für Ergänzungsfutter, noch darunter. In sechs Unternehmen werden teilweise bereits 50% der Gesamtkosten für Futter ausgegeben. Die Fischzuchtbetriebe sind seit geraumer Zeit mit steigenden Rohstoff- und Futtermittelkosten konfrontiert. Einsparungen hierbei würden einen Beitrag zur Rentabilität des Produktionsprozesses leisten.

Die Vermarktungsstruktur der befragten Unternehmen gestaltet sich sehr vielseitig. Neben dem Großhandel, der fast ausschließlich Lebendware abnimmt, wird die Vermarktung vor allem durch den Lebensmitteleinzelhandel (LEH) dominiert. Seit einigen Jahren steigt aber auch die Direktvermarktung auf Wochenmärkten, in eigenen Geschäften und Restaurants und in regionalen gastronomischen Einrichtungen stark an. Immer mehr Fischzuchtbetriebe, die selbst schlachten, verarbeiten und vermarkten, erweitern ihre Produktpalette über ausgenommene Fische hinaus und bieten zunehmend Räucherware und raffinierte Fischprodukte, nicht selten im Premiumbereich, an. Diese Entwicklung führt nicht nur zu einer zunehmend differenzierten und aufwändigeren Verarbeitung, sondern auch zu wesentlich mehr „Schlachtabfällen“ bzw. Fischnebenprodukten.

Die Schlachtmenge aller 25 befragten Unternehmen zusammen beträgt aktuell 8.245 t, darunter sind 4 Unternehmen, deren Schlachtmenge im Verlaufe des Jahres weniger als 20 t beträgt. Acht Fischzuchtbetriebe schlachten 20-100 t im Durchschnitt des Jahres und zehn Betriebe 100-1.000 t. In drei Unternehmen werden jährlich mehr als 1.500 t Frischfisch geschlachtet.

Die dabei anfallenden Fischnebenprodukte (FNP) stehen im Mittelpunkt der Konzeptstudie. 31% der Schlachtmenge insgesamt, das sind 2.530 t, fallen als FNP in Form von Köpfen, Haut, Gräten und Innereien an. Dabei schwanken die Anteile in der Mehrzahl der befragten Unternehmen von ca. 25% bis etwa 40%. Die höheren Anteile entstehen vor allem in den Betrieben, die neben nur ausgenommenen („küchenfertigen“) Fischen zunehmend Filets und aufwändig verarbeitete Fischprodukte anbieten. In den beiden befragten Welszuchtbetrieben fallen 58-60% Schlachtnebenprodukte an, da Welsfleisch prinzipiell nur als Filet in den Handel gelangt. Da, wie bereits beschrieben, die Fischverarbeitung in den Aquakulturbetrieben zunimmt und unter diesen Betrieben auch die Anzahl von Zuchtbetrieben für afrikanischen Wels stetig steigt (in der Regel im Umfeld großer Biogasanlagen), ist in den kommenden Jahren mit größeren Mengen an Schlachtnebenprodukten zu rechnen.

Aktuell werden die FNP der Schlachtung auf unterschiedlichen Wegen entsorgt: bei acht Unternehmen über das Fischmehlwerk in Cuxhaven, bei zwei Unternehmen direkt über große regionale Biogasanlagen und bei 15 Unternehmen durch Verbrennung in regionalen Tierkörperbeseitigungsanlagen (oder über diese ebenfalls in regionalen Biogasanlagen).

Ein durchschnittlicher Preis zur Entsorgung der ermittelten Menge an FNP pro kg bzw. pro t kann nicht gebildet werden, da die Schwankungsbreiten sowohl innerhalb einzelner Bundesländer als auch zwischen den Bundesländern selbst außerordentlich hoch sind. Alle Unternehmen, die ihre FNP über

regionale Tierkörperbeseitigungsanlagen entsorgen, müssen dafür 4-10 ct/kg bzw. 40-100 €/t bezahlen. Die Unternehmen, deren FNP über Biogasanlagen entsorgt werden, bezahlen 10-12 €/t.

Die Betriebe, denen es gelungen ist, mit dem Fischmehlwerk Cuxhaven einen Vertrag abzuschließen und ihre FNP von dort abholen zu lassen, erhalten durchschnittlich 6 ct/kg bzw. 60 €/t. Ihre FNP werden dort zu Fischmehl und Fischöl weiterverarbeitet. Infolge immer knapper werdender Rohstoffe und steigender Rohstoffpreise sucht das Fischmehlwerk in Cuxhaven weitere, sichere und umweltfreundliche Rohstoffquellen. Wenn große Mengen an FNP (mindestens 5 t) zur Verfügung stehen, wäre das Fischmehlwerk bereit, die FNP aus jedem Ort Deutschlands abholen zu lassen. Obwohl der Einsatz siliierter FNP mit bestimmten technologischen Anpassungen verbunden wäre, hat das Fischmehlwerk seine Bereitschaft erklärt, diese zu verarbeiten. Auch das befragte Futtermittelwerk würde u. U. silierte FNP direkt einsetzen. Für eine endgültige Entscheidung wären jedoch Vorversuche sowie klare Preisvorstellungen nötig.

Die Fischzuchtbetriebe sind mit steigenden Rohstoff- und Futtermittelkosten konfrontiert. Paradoxerweise müssen die protein- und fettreichen FNP bei der großen Mehrheit der Firmen kostenpflichtig entsorgt werden. Daher gibt es ein allgemeines Interesse an einer möglichen Verwertung der FNP, um damit Entsorgungskosten zu sparen und eventuell zusätzliche Einnahmen zu erzielen. Lediglich vier der befragten Unternehmen lehnen die Silierung der anfallenden FNP prinzipiell ab. In ihren Betrieben soll alles so bleiben wie es ist, d. h., die FNP werden auch weiterhin regelmäßig abgeholt.

Bei einigen Betrieben, insgesamt elf, werden die FNP aus der Schlachtung 1- bis 2-mal pro Woche abgeholt. Da diese Firmen über keine bzw. keine ausreichenden Kühlkapazitäten verfügen (max. 4 t), werden die FNP häufig bei Raumtemperatur gelagert. Insbesondere in den warmen Monaten ist dann mit einer starken Geruchsbelästigung und einer möglichen mikrobiellen Kontamination über die Luft zu rechnen. Einfache und schnelle Konservierungsmöglichkeiten für die FNP (z. B. die Silierung) würden die Hygienebedingungen verbessern.

Mehr als 50% der befragten Unternehmen verfügen über ausreichend hohe Lager- und Kühlkapazitäten und können neben den FNP auch Konfiskate kühl lagern. Sie haben damit gute Voraussetzungen für die Sammlung siliierter FNP. Ein Unternehmen siliert bereits selbst. Hier werden die FNP nach der Schlachtung sofort zu Silage verarbeitet. In diesem Zustand sind sie einige Wochen lagerfähig, bevor sie dann zur Verfütterung gelangen.

Ein Problem stellen die während der Zucht verendeten Fische dar. Die Handhabung dieses Materials in den Betrieben erfolgt ähnlich wie bei den FNP aus der Schlachtung. Bei der Lagerung bei Raumtemperatur treten dieselben Probleme wie bei den FNP auf. Hier wäre eine einfache Konservierung ebenfalls angebracht. Zur Verwertung sollen dann die gesetzlichen Regelungen beachtet werden. Eine Weiterverarbeitung zu Fischfutter ist aber nicht erlaubt.

Ist eine Verarbeitung der FNP aus der Schlachtung (Kategorie 3) zu Fischmehl vorgesehen, werden die FNP auf jeden Fall getrennt von verendeten Fischen (Kategorie 2) gesammelt und gelagert. Werden aber die FNP anderweitig entsorgt, ist diese strenge Trennung nicht immer gegeben. Eine nach Kategorien getrennte Sammlung der FNP wäre nach Ansicht der Unternehmen immer möglich, da normalerweise diese an getrennten Orten anfallen. Weiterhin können die Mitarbeiter diesbezüglich unterwiesen werden.

Fazit:

Von den befragten 25 Unternehmen haben die Inhaber von 16 Betrieben schon oft über die Verarbeitung der FNP nachgedacht, teilweise auch mit Kollegen darüber gesprochen, sich vereinzelt sogar

über das Verfahren der Silierung ausgetauscht. Ein Unternehmen siliert bereits selbst und verfüttert die Silage in der Tierhaltung. Die große Mehrheit der Betriebe vertritt die Auffassung, dass die Silierung eine gute Alternative zur schnellen Konservierung der FNP durch Tiefkühlung ist. Fünf Unternehmer haben sich noch nie mit dem Gedanken der Verarbeitung der FNP und der Gewinnung der darin enthaltenen wertvollen Inhaltsstoffe beschäftigt. Sie finden aber die Idee interessant und können sich auch in ihrem Betrieb eine Sammlung und Silierung der FNP vorstellen. Zwei Unternehmen würden auf die Silierung der FNP im eigenen Betrieb verzichten, sind aber zur Sammlung der FNP auf jeden Fall bereit. In allen Befragungen wurde die chemische Silierung gegenüber der biologischen Silierung deutlich favorisiert. In mehreren Interviews wurde Sorge bezüglich der Übertragung von Viren aus den FNP in die herzustellenden Trockenfutterpellets geäußert. Eine weitere Studie zu dieser Thematik wird als dringend angesehen. Die ökonomische Machbarkeit spielt für alle Unternehmen die größte Rolle.

7.3 Möglichkeiten zur dezentralen oder zentralen Verarbeitung der konservierten Fischnebenprodukte zu Trockenfuttermitteln

Wie im vorangegangenen Abschnitt bereits beschrieben, haben vier Fischzuchtbetriebe weder an der Sammlung von FNP zur Silierung noch an der Herstellung von Trockenfutterpellets daraus Interesse.

Von den übrigen 21 Unternehmen würden sechs Unternehmen anstreben, Trockenfutterpellets selbst herzustellen bzw. in Kooperation mit Partnern zu produzieren. Dabei möglicherweise entstehende Probleme sehen sie zurzeit nicht. Die Realisierung der dafür notwendigen Investitionen stellt für sie kein Hindernis dar. Diese sechs Unternehmen gehören zu den größten der befragten Unternehmen.

Von den 15 Unternehmen, die überwiegend selbst silieren bzw. FNP zumindest sammeln würden, lehnen alle Betriebsinhaber die Herstellung von Trockenfutterpellets im eigenen Unternehmen ab. Sie favorisieren ausschließlich eine zentrale Herstellung. Neun Befragte wiesen darauf hin, dass die Herstellung von Trockenfutterpellets ein hoch sensibler Prozess ist und die Gewährleistung einer hohen Futterqualität an erster Stelle steht. Ebenso würden sie sich Sorgen um Hygiene und Sauberkeit des Wassers nach Einsatz der selbst hergestellten Pellets machen. Diesbezüglich spielen die Zusammensetzung der Trockenfutterpellets und die Höhe des Fettgehaltes eine überaus wichtige Rolle.

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Sehr große Aquakulturbetriebe mit großen Produktionsmengen und umfangreicher Fischverarbeitung würden die anfallenden Nebenprodukte selbst silieren und daraus Trockenfutterpellets herstellen, die wiederum im eigenen Betrieb verfüttert werden. Nicht selbst benötigte Futterpellets könnten an andere Aquakulturbetriebe verkauft werden. Ziel ist nicht nur die Diversifizierung der betrieblichen Produktionsstruktur und eine Reduzierung der Futterkosten, sondern auch das Einnehmen einer zentralen Rolle in der Region. Daher sind diese Unternehmen auch weniger an der Kooperation mit anderen Betrieben interessiert. Die erforderlichen Investitionen tragen sie selbst.
2. Große bis mittlere Aquakulturbetriebe mit einer Fischverarbeitung mittlerer Größe haben ebenfalls das Aufbauen eines weiteren Standbeines zum Ziel. Jedoch würden sie in Kooperation mit befreundeten Unternehmen agieren und einen separaten Betrieb für die Silierung und Herstellung von Trockenfutterpellets gründen und aufbauen. Hierbei spielt vor allem die Höhe der erforderlichen Investitionen eine Rolle. Sie sind von Aquakulturbetrieben mittlerer Größe nur schwer allein zu leisten. In einem auf Kooperation basierenden Unternehmen sind Investitionskosten nur anteilig aufzubringen. Langfristig sind auch sie an Diversifizierung und an einer wirtschaftlichen Stärkung ihres Unternehmens interessiert. Sie sind sich aber auch darüber im Klaren, dass das neue

Unternehmen nur rentabel ist, wenn weitere Fischnebenprodukte anderer Unternehmen hinzugekauft werden.

3. Die Mehrzahl der befragten Unternehmen würde selbst ihre Nebenprodukte silieren und anschließend die Silage von einem zentralen Verarbeiter abholen lassen bzw. selbst dorthin bringen. Allerdings würden sie es nur umsetzen, wenn Einnahmen zu erzielen sind. Prinzipiell favorisieren sie eine zentrale Verarbeitung der FNP zu Trockenfutterpellets.

In diese Gruppe gehören auch die wenigen Betriebe, die ihre Nebenprodukte ausschließlich sammeln und abholen lassen bzw. selbst zum zentralen Verarbeiter und Futtermittelhersteller bringen. Diesbezüglich können sie sich vorstellen, im Tausch fertige Trockenfutterpellets oder entsprechende Gutschriften zu erhalten.

4. Einige wenige Betriebe haben weder an der Silierung noch an der Futterpelletsherstellung Interesse. Sie wollen ihren Betrieb so weiterführen wie bisher. Aktuell lassen sie ihre Nebenprodukte in Tierkörperbeseitigungsanlagen verbrennen, in denen zunehmend Schlachtabfälle auch über eine Biogasanlage entsorgt werden. Daran soll sich auch nichts ändern.

Allen Aquakulturbetrieben (Nr. 1 bis 3) ist die Überlegung gemeinsam, mit der eigenen Herstellung ihres benötigten Trockenfutters Futterkosten zu reduzieren und wirtschaftliche sowie natürliche Kreisläufe aufzubauen bzw. zu schließen. Außerdem gehen sie davon aus, dass der Verbraucher ökologisches bzw. nachhaltiges Wirtschaften honoriert und das Image des Unternehmens verbessert werden kann. Die Mehrzahl der befragten Unternehmen würde nur unter der Bedingung, dass es sich finanziell rechnet, eine eigene Silierung bzw. eine Silierung mit Trockenfutterpelletierung aufbauen. Diesbezügliche Untersuchungen/Berechnungen müssen vorab umgesetzt werden.

8 Ökologische, technologische und ökonomische Gesamtbewertung des Vorhabens

Fischmehl und -öl, fast ausschließlich aus Meeresfischen gewonnen, stellen beachtliche Bestandteile der in der Aquakultur eingesetzten Futtermittel dar. Auf Grund der Dezimierung der natürlichen Fischbestände (Umwelteinflüsse und Überfischung als Hauptursache) sind Fischmehl und insbesondere -öl stark limitierende Rohstoffkomponenten in der Trockenfuttermittelherstellung für die nachhaltige Aquakulturproduktion. Bei der Schlachtung von Süßwasserfischen fallen Nebenprodukte in Höhe von 10 bis 55% der Fischbiomasse an, die reich an Proteinen und Ölen sind und als hochwertiger Rohstoff für die Fischnahrung dienen können. Die zurzeit in der Regel praktizierte Entsorgung stellt nicht nur einen zusätzlichen Kostenfaktor dar, sondern bedeutet auch eine Verwerfung von wertvollen Ressourcen.

Die adäquate Konservierung und Lagerung der FNP ist Voraussetzung für eine industrielle Nutzung dieser Biomasse, da nur dadurch eine gleichmäßige Rohstoffbeschickung, eine günstige Maschinenauslastung und eine ökonomische Arbeitsweise möglich sind. Das Vorhaben zeigt, dass das Silieren als Konservierungsverfahren für FNP und die Futterpelletherstellung aus der Silage realisierbar sind. Das Silieren und Futterherstellung zur Nutzung von FNP sind als ökologisch sinnvoll zu betrachten.

Eine orientierende Ökobilanzierung der Silierung von FNP wurde vom Öko-Institut (Öko-Institut e.V. 2012) durchgeführt. Demnach verursacht die chemische Silierung im Vergleich zur biologischen Silierung und insbesondere zur Tiefkühlagerung die geringsten Mengen an Treibhausgasemissionen. Im Vergleich zur biologischen Silierung ist dies aber nur dann gültig, wenn bei der chemischen Silierung auf eine Wärmebehandlung verzichtet werden kann, ohne dass Hygieneprobleme auftreten. Erste mikrobiologische Prüfungen belegen den guten Hygienestatus der chemisch und biologisch silierten Proben. Untersuchungen auf die für die Speisefischaquakultur relevanten viralen Erreger

würden diesbezüglich den endgültigen Beweis erbringen. Aus Klimaschutzgesichtspunkten sind jedoch die Silierverfahren einer Tiefkühlagerung in jedem Fall vorzuziehen, wenn diese mindestens sechs Monate betragen.

Es ist zu erwarten, dass die Pelletherstellung aus silierten FNP einen ähnlichen Energiebedarf und somit vergleichbare Treibhausgasemissionen wie die konventionelle Pelletherstellung, die über die Fischmehlproduktion abläuft, aufweist. Bei beiden Pelletherstellungsverfahren sind analoge Wassermengen während der notwendigen Trocknungsprozesse zu entfernen. Hinsichtlich des Energieaufwands ist die Trocknung als die wichtigste Kostenposition bei der Trockenfutterherstellung zu bewerten.

Die Projektpartner erprobten die Silierung mittels chemischer und biologischer Verfahren als energiearme und kostengünstige Konservierungstechnologie. Die Versuche zeigten, dass über das chemische und biologische Silieren mit bestimmten Stämmen von Milchsäurebakterien eine Lagerung der Fischnebenprodukte über mehrere Monate möglich ist und die Produkte die gesetzlichen mikrobiologischen Anforderungen erfüllen. Daraus hergestellte Futterpellets für karnivore Fischarten hatten weitgehend die Komposition und Eigenschaften von konventionellen Futterpellets. Palatabilitätsversuche zeigten aber, dass die Pelletherstellungstechnologie noch optimiert werden muss.

Ein wesentlicher Teil des Vorhabens war die deutschlandweite Befragung von Praxisbetrieben hinsichtlich der Einschätzung der Machbarkeit der Technologie zur Herstellung von FNP-Silage und von Trockenpellets daraus. Die große Mehrheit der befragten Aquakulturbetriebe schätzt die vorgestellte Silierungstechnologie als praktikabel ein und ist zur chemischen Silierung im eigenen Unternehmen bereit. Eine dezentrale Herstellung von Trockenfutterpellets wird aufgrund ihres sensiblen Charakters und der erforderlichen hohen Futterqualität mehrheitlich abgelehnt. Nur einzelne, große Betriebe würden die Technologie zur Pelletherstellung aus silierten FNP einführen.

Das Vorhaben, eine Konzeptstudie, baute auf experimentelle Laborarbeiten und erste Versuche in einem Praxisbetrieb, allerdings hier nur unter Einsatz nicht optimaler Hilfstechnik. Obwohl relevante Praxisabläufe berücksichtigt wurden, erlauben die Ergebnisse keine exakte Kostenkalkulation für die Silierung von FNP und die daraus hergestellten Trockenpellets unter Praxisbedingungen. Eine erste orientierende Kostenkalkulation für die Silierung unter Produktionsbedingungen wurde unter bestimmten Randbedingungen und unter Berücksichtigung der wichtigsten Kostenpositionen dennoch durchgeführt. Demnach betragen die Selbstkosten zur chemischen Silierung ca. 0,18 € pro kg FNP bzw. 0,47 € pro kg TS. Der Vergleich mit den derzeitigen Nettokosten von Fischmehl (1,63 € pro kg TS) lässt zunächst die Siliertechnologie als ökonomisch tragfähig erscheinen.

Die Kosten der Weiterverarbeitung der Silage zu Trockenpellets dürften analog den Verarbeitungskosten von frischen FNP sein.

9 Öffentlichkeitsarbeit

Die Ergebnisse des Projekts wurden sowohl im Rahmen der Langen Nacht der Wissenschaften (am 2. Juni 2012) im Hauptgebäude der Humboldt-Universität zu Berlin als auch während der Woche der Umwelt 2012 (5.-6. Juni 2012) präsentiert. Darüber hinaus wurden die Projektergebnisse bei der durchgeführten bundesweiten Befragung vor leitendem Personal von 25 Praxisbetrieben jeweils persönlich vorgestellt. Die Präsentationen wurden von der Vorführung von Proben der silierten FNP sowie von daraus gewonnenem Öl und selbst hergestellten Futterpellets begleitet.

10 Fazit

Bei der Schlachtung von Süßwasserfischen fallen Nebenprodukte in Höhe von 10–55 % der Fischbiomasse an, die reich an Proteinen und Ölen sind und als hochwertiger Rohstoff für die Fischnahrung dienen können. Bei eigenen Untersuchungen von FNP aus karnivoren Fischarten lag die TS bei ca. 38%. In der TS schwankten der Rohfettgehalt zwischen 41,1 und 57,6% und der Rohproteingehalt zwischen 34 und 40%.

Der Umgang mit Fischnebenprodukten, darunter ihre Entsorgung und Verarbeitung, wird in der VO 1069/2009 geregelt. Demnach stehen den FNP aus der Schlachtung u. a. die Silierung und die Herstellung von Futtermitteln als zulassungspflichtige Entsorgungs- bzw. Verwertungswege offen. Im Rahmen der vorliegenden Konzeptstudie wurden diese Verwertungswege näher untersucht.

Die durchgeführten Versuche zeigten, dass über das chemische (mit organischen Säuren) oder biologische Silieren (mit Bakterienkulturen, die neben Milchsäure Essigsäure bilden) eine Lagerung der Fischnebenprodukte bei Raumtemperatur über mehrere Monate möglich ist und die Produkte die allgemeinen, gesetzlichen mikrobiologischen Anforderungen für verarbeitete tierische Nebenprodukte der Kategorie 3 (vergleiche VO 1069/2009) erfüllen. Während für die biologische Silierung eine Wärmebehandlung unbedingt nötig ist, ist diese für die Haltbarkeit der chemisch silierten Produkte nicht zwingend erforderlich. Bei den nicht wärmebehandelten, chemisch silierten Produkten laufen aber verstärkt Maillard-analoge Reaktionen ab, die zu dunkleren Produkten (sowohl im Öl als auch in den proteinreicheren Fraktionen) führen. Zu dem ernährungsphysiologischen Effekt der gebildeten farbaktiven Verbindungen gibt es in der Literatur widersprüchliche Angaben. Mit Hilfe von Fütterungsversuchen könnte diese Frage geklärt werden. Bei den nicht thermisch behandelten Proben, als Ergebnis der vorhandenen Aktivität von nativen Enzymen, traten ebenfalls eine deutliche Verflüssigung des Materials und eine Zunahme der Konzentration an freien Aminosäuren auf. Nicht thermisch behandelte Proben sind dadurch besser verdaulich und erlauben eine leichtere Abtrennung der Ölphase. Höhere Ölausbeuten sind erzielbar.

Die an den ersten Tagen beobachtete Schaumbildung bei der biologischen Silierung könnte zu Komplikationen bei der praktischen Prozessführung führen. Wegen der insgesamt einfacheren Handhabung ist die chemische Silierung der biologischen Silierung vorzuziehen. Der niedrigere pH-Wert und die stärkere antimikrobielle Wirkung von Ameisensäure (im Vergleich zu Milchsäure und Essigsäure) garantieren außerdem eine größere mikrobiologische Stabilität.

Kurzkettige organische Säuren, die hier als Grundlage der Silierung dienen, weisen neben den antimikrobiellen Eigenschaften weitere nutzbringende Effekte auf. Untersuchungen mit verschiedenen Nutztieren, hauptsächlich mit Schweinen und Geflügel, aber auch mit Tilapia, belegen, dass der Einsatz dieser Säuren als Futterzusatz die Vermehrung schädlicher Keime im Futter verhindert und den Geschmack des Futters und die Futterraufnahme begünstigen kann. Zu dem ist eine positive Wirkung im Magen-Darm-Trakt der Tiere nachgewiesen worden, ebenso auf die Protein- und Mineralstoffverdaulichkeit sowie auf die Futtermittelverwertung und das Wachstum der Tiere. Kurzkettige organische Säuren werden so als Alternative zu Fütterungsantibiotika (antibiotische Wachstumsförderer) angesehen (Koch 2005, Mroz 2005, Kirsch 2010, ADDCON 2010). Die beschriebenen Vorteile von kurzkettigen organischen Säuren sollten über zukünftige Fütterungsversuche mit Wirtschaftsfischarten überprüft werden.

Eine orientierende Ökobilanzierung der Silierung von FNP wurde vom Öko-Institut Freiburg (Öko-Institut e.V. 2012) durchgeführt. Demnach verursacht die chemische Silierung im Vergleich zur biologischen Silierung und insbesondere zur Tiefkühlagerung die geringsten Mengen an Treibhausgas-

emissionen. Im Vergleich zur biologischen Silierung ist dies aber nur dann gültig, wenn bei der chemischen Silierung auf eine Wärmebehandlung verzichtet werden kann, ohne dass Hygieneprobleme auftreten. Erste mikrobiologische Prüfungen belegen den guten Hygienestatus der chemisch und biologisch silierten Proben (s. o.). Obwohl über die Silierbedingungen eine Virusinaktivierung zu erwarten ist, würden Untersuchungen auf die für die Speisefischaquakultur relevanten viralen Erreger diesbezüglich den endgültigen Beweis erbringen. Aus Klimaschutzgründen sind die Silierverfahren einer Tiefkühlagerung in jedem Fall vorzuziehen, wenn diese mindestens sechs Monaten betragen.

Das Vorhaben, eine Konzeptstudie, baute auf experimentellen Laborarbeiten und ersten Versuchen in einem Praxisbetrieb, allerdings hier nur unter Einsatz nicht optimaler Hilfstechnik, auf. Obwohl relevante Praxisabläufe berücksichtigt wurden, erlauben die Ergebnisse keine exakte Kostenkalkulation für die Silierung von FNP und die daraus hergestellten Trockenpellets unter Praxisbedingungen. Eine erste orientierende Kostenkalkulation für die Silierung unter Produktionsbedingungen wurde unter bestimmten Randbedingungen und unter Berücksichtigung der wichtigsten Kostenpositionen dennoch durchgeführt. Demnach betragen die Selbstkosten zur chemischen Silierung ca. 0,18 € pro kg FNP bzw. 0,47 € pro kg TS. Der Vergleich mit den derzeitigen Nettokosten von Fischmehl (1,63 € pro kg TS) lässt zunächst die Siliertechnologie als ökonomisch tragfähig erscheinen.

Aus den silierten FNP konnten Öle mit einem Abtrennungsgrad bis zu 73,3% gewonnen werden. Die Öle der silierten Proben sind bei Ergreifung oxidationsstabilisierender Maßnahmen von sehr guter Qualität. Der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren zeigt, dass die Öle aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr wertvoll sind. Ihre Qualität ist vergleichbar mit der von marinen Fischarten.

Aus ökologischer Sicht verbietet sich der unmittelbare Einsatz von silierten FNP als Fischfutter aufgrund des erheblichen Wasserbelastungspotenzials. Unter Beimengung flüssigkeitsbindender Komponenten (weitere Proteine und Weizenmehl) wurde im Rahmen des Vorhabens eine Technologie zur Herstellung von Trockenfutterpellets aus den silierten FNP aufgezeigt. Die Produktion von Fischmehl aus den silierten FNP und anschließend die konventionelle Herstellung von Trockenfutter ist eine mögliche Alternative, die noch zu untersuchen wäre.

Die hergestellten neuen Futterpellets hatten weitgehend die Komposition und die typischen Eigenschaften von konventionellen Futterpellets für karnivore Fischarten und wiesen die nach VO 142/2011 erforderliche mikrobiologische Beschaffenheit auf. Aus energetischer Sicht dürfte die Trockenfutterproduktion aus silierten Fischnebenprodukten mit der aus frischen (nicht silierten) Fischnebenprodukten vergleichbar sein, da aus beiden Rohstoffen während der notwendigen Trocknungsprozesse etwa gleiche Wassermengen zu entfernen sind. Hinsichtlich des Energieaufwandes ist die Trocknung als die wichtigste Kostenposition bei der Trockenfutterherstellung zu bewerten. Die Kosten der Weiterverarbeitung der Silage zu Trockenpellets dürften also den Verarbeitungskosten von frischen FNP entsprechen.

Palatabilitätsversuche mit selbst hergestellten Trockenfutterpellets zeigten, dass diese eine interessante Möglichkeit darstellen, konventionelle Futtermittel in der Forellenerzeugung zu ersetzen oder zu supplementieren. Für eine Anwendung der Pellets als Zanderfutter ist eine Optimierung des Herstellungsprozesses und der Zusammensetzung der Pellets notwendig. Insbesondere ist auf die Vermeidung der Oxidation enthaltener Fette zu achten.

Ein wesentlicher Teil des Vorhabens war die deutschlandweite Befragung von Praxisbetrieben hinsichtlich der Einschätzung der Machbarkeit der Technologie zur Herstellung von FNP-Silage und von Trockenpellets daraus. Die große Mehrheit der befragten Aquakulturbetriebe ist an der Verwertung der FNP stark interessiert, schätzt die vorgestellte Silierungstechnologie als praktikabel ein und ist zur

chemischen Silierung der FNP im eigenen Unternehmen bereit. Eine dezentrale Herstellung von Trockenfutterpellets wird aufgrund ihres sensiblen Charakters und der erforderlichen hohen Futterqualität mehrheitlich abgelehnt. Nur einzelne, große Betriebe würden die Technologie zur Pelletherstellung aus silierten FNP einführen.

Nach der allgemeinen Ansicht der befragten Unternehmen sind folgende Voraussetzungen vor der Einführung der entwickelten Technologien in die Praxis zu erfüllen:

- eine zuverlässige, praxisnahe Kostenkalkulation, die die Wirtschaftlichkeit der Verfahren nachweist;
- der eindeutige Beleg dafür, dass über die silierten FNP keine Übertragung von viralen Erregern in die Trockenfutterpellets möglich ist;
- die Durchführung von Fütterungsversuchen, die den Einfluss der silierten Komponenten in dem Trockenfutter auf Wachstumsleistungen, Schlachtkörpermerkmale und Futterverwertung der gefütterten Fische aufzeigen.

Von Interesse für die Praxisbetriebe wäre außerdem die Anwendbarkeit des Silierens zur Konservierung von während der Zucht verendeten Fischen. Dies wäre Vorbedingung für eine weitere Verwertung. Zur Verwertung selbst sollen dann die gesetzlichen Regelungen beachtet werden. Eine Weiterverarbeitung zu Fischfutter ist aber nicht erlaubt

11 Literatur

- ADDCON 2010** ADDCON GROUP GMBH: *Der Einsatz von organischen Säuren in der Tilapia Ernährung*. 2010. – Firmenschrift (<http://www.addcon.com/de/newsletter/de/der-einsatz-von-organischen-saeuren-in-der-tilapia-ernaehrung/>)
- Adron / Mackie 1978** ADRON, J.W. ; MACKIE, A.M.: Studies on the chemical nature of feeding stimulants for rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. In: *Journal of Fish Biology* 12 (1978), S. 303-310
- Ahne 1982b** AHNE, W.: Vergleichende Untersuchung über die Stabilität von vier fischpathogenen Viren (VHSV, PFR, SVCV, IPNV). In: *Zentralblatt für Veterinärmedizin* 29 (1982), S. 457-476
- Baur / Bräuer / Rapp 2010** BAUR, W.H. ; BRÄUER, G. ; RAPP, J.: *Nutzfische und Krebse: Lebensraum, Erkrankungen und Therapie*. 3. Aufl. Stuttgart: Enke, 2010. – ISBN 978-3-8304-1130-7
- Bledsoe / Rasco 2006** B BLEDSOE, G. ; RASCO, B.: Caviar and Fish Roe. In: HUI, Y.H. (Hrsg.): *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*, Volume Four. Kapitel 161. Boca Raton: CRC Press, 2006
- Böhm 2005** BÖHM, M.: *Untersuchungen zum Proteinbedarf juveniler Zander, Sander lucioperca (L. 1758) bei Nutzung von Trockenmischfuttermitteln*. Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften, Bachelor-Arbeit., 2005
- Brämick 2009** BRÄMICK, U.: *Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei 2008*. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow. 2009
- Brämick 2011** BRÄMICK, U.: *Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei 2010*. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow. 2011
- FAO 2010** FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO FISHERIES AND AQUACULTURE DEPARTMENT: *The State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. Rome, 2012. – ISBN 978-92-5-107225-7
- Futtermittelzusatzstoffverordnung** VERORDNUNG (EG) NR. 1831/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung (v. 22.09.2003)
- FuttMV** FUTTERMITTELVERORDNUNG (FuttMV) (Stand: BGBl. I2012, Nr. 35, S. 1565-1652, ausgegeben am 25.07.2012)
- Gemeinschaftsregister der Futtermittelzusatzstoffe** EUROPEAN COMMISSION, HEALTH AND CONSUMERS DIRECTORATE-GENERAL, DIRECTORATE G – VETERINARY AND INTERNATIONAL AFFAIRS, UNIT G1 – FEED: *European Union Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003, Appendixes 3c & 4, Annex: List of additives*. Edition 146, 31.07.2012
- GMA / IGB 2011** GESELLSCHAFT FÜR MARINE AQUAKULTUR MBH ; LEIBNIZ-INSTITUT FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE UND BINNENFISCHEREI IM FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V.: *Entwicklung von Futtermittelzusatzstoffen auf der Basis von Miesmuscheln (Mytilus edulis)*. 01.01.2011-31.12.2013. – Forschungsprojekt (<http://www.gma-buesum.de/index.php?contentID=194&PHPSESSID=fej4vt4lt6cf3gu787486ee5i0>)
- Günther / Rennert / Wirth 2004** GÜNTHER, S. ; RENNERT, B. ; WIRTH, M.: Der Einfluss der Ernährung auf das Wachstum und die Körperzusammensetzung beim Europäischen Zander (*Sander*

- lucioperca* L.) unter kontrollierten Haltungsbedingungen. In: *Fischer & Teichwirt* 55 (2004) 5, S. 650–654
- IASP 2006** INSTITUT FÜR AGRAR- UND STADTÖKOLOGISCHE PROJEKTE AN DER HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *Entwicklung von Verfahren zur Nutzung von Abprodukten der industriellen Verarbeitung von Karpfen*. 2006. – Forschungsbericht. Auftraggeber Sachsen Fischland GmbH
- Johansson et al 1994** JOHANSSON, G. ; BERDAGUÉ, J-L. ; LARSSON, M. ; TRAN, N. ; BORCH, E.: Lipolysis, Proteolysis and Formation of Volatile Components during Ripening of a Fermented Sausage with *Pediococcus pentosaceus* and *Staphylococcus xylosus* as Starter Cultures. In: *Meat Science* 38 (1994), S. 203-218
- Kantoci 2008** KANTOCI, S.: *Anreicherung von Iod und Omega-3-Fettsäuren in der Karpfenproduktion durch Algen im Fischfutter*. München, Ludwig-Maximilians-Universität München, tierärztliche Fakultät, Diss., 2008
- Kasumyan / Døving 2003** KASUMYAN, A.O. ; DØVING, K.B.: Taste preferences in fishes. In: *Fish and Fisheries* 4 (2003), S. 289-347
- Kirsch 2010** Kirsch, K.: Die Wirkung organischer Säuren als Futterzusatzstoff auf Nährstoffumsatz und Bakterienpopulationen im Verdauungstrakt von Absetzferkeln. Berlin, Freie Universität Berlin, Institut für Tierernährung des Fachbereichs Veterinärmedizin, Diss., 2010
- Koch 2005** Koch, S.: Organische Säuren in der Tierernährung. In: *Nutztierpraxis Aktuell* (2005), S. 14-19
- Kroeckel et al. 2011** KROECKEL, S. ; TUSCHE, K. ; SCHULZ, C. ; SUSENBETH, A.: *Fischfutter aus eigener Herstellung: Rezepturen und Verfahrensweisen*. Büsum, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Gesellschaft für Marine Aquakultur, Poster, 2. Büsumer Fischtag, 2011
- Mroz 2005** MROZ, Z.: Organic Acids as Potential Alternatives to Antibiotic Growth Promoters for Pigs. In: *Advances in Pork Production* 16 (2005), S. 169-182
- Müller-Belecke / Zienert 2008** MÜLLER-BELECKE, A. ; ZIENERT, S.: Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without need for hormonal treatments. In: *Aquaculture Research* 39 (2008), S. 1279–1285
- Müller-Belecke / Thürmer / Zienert 2010** MÜLLER-BELECKE, A. ; THÜRMER, C. ; ZIENERT, S.: Einfluss verschiedener handelsüblicher Trockenfuttermittel auf Wachstumsleistung und Schlachtkörpermerkmale von Satz- und Speisezandern. In: *Fischer & Teichwirt* 61 (2010) 5, S. 163–166
- Müller-Belecke 2011** MÜLLER-BELECKE, A.: *Schlachtung von Regenbogenforellen, nur Rogner*. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow. 2011. Unveröffentlicht
- Öko-Institut e.V. 2012** INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE: *Orientierende Ökobilanzierung von verschiedenen Prozessen zur Konservierung von Nebenprodukten der Süßwasserrischverarbeitung*. 2012. – Zwischenbericht. Auftraggeber Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Partanen 2001** PARTANEN K.H.: Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: PIVA, A. ; BACH KNUDSEN, K.E. ; LINDBERG, J.E. (Hrsg): *Gut Environment of Pigs*. Nottingham: University Press, 2001, S. 201-218
- Pegg 2001** PEGG, R. B.: *Spectrophotometric Measurement of Secondary Lipid Oxidation Products*. New York [u.a.]: Wiley, 2001 (Current Protocols in Food Analytical Chemistry D2.4.1-D2.4.18)

- Reiter 2005** REITER, R.: *Moderne Alleinfuttermittel für Fische*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei. November 2005. – Fachbeitrag (<http://www.lfl.bayern.de/ifi/forellenteichwirtschaft/12888/index.php>)
- Reiter 2006** REITER, R.H.: *Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils zweier Herkünfte des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus*) und des Bachsaiblings (*Salvelinus fontinalis*) sowie ihrer Kreuzungen*. München, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Department für Tierwissenschaften, Bereich Tierernährung, Diss., 2006
- Rheinbablen / Wolff 2002** RHEINBABEN, F. VON ; WOLFF, M.H.: *Handbuch der viruswirksamen Desinfektionen*. Berlin [u.a.]: Springer, 2002. – ISBN 3-540-67532-9
- Richtlinie 70/524/EWG** RICHTLINIE 70/524/EWG DES RATES über Zusatzstoffe in der Tierernährung (v. 23.11.1970)
- Richtlinie 2002/32** RICHTLINIE 2002/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (v. 07.05.2002)
- Roberts 2012** ROBERTS, R.J. (Hrsg.): *Fish pathology*. 4. Aufl. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012. – ISBN 978-1-4443-3282-7
- Rolle / Mayr / Büttner 2007** ROLLE, M. ; MAYR, A. ; BÜTTNER, M.: *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*. 8. Aufl. Stuttgart: Enke, 2007. – ISBN 978-3-8304-1060-7
- Russell 1992** RUSSELL, J.B.: Another explanation for the toxicity of fermentation acids at low pH: anion accumulation versus uncoupling. In: *Journal of Applied Bacteriology* 73 (1992), S. 363-370.
- Schreckenbach 2000** SCHRECKENBACH, K.: Nutzung und Ausscheidung von Nährstoffen und Energie bei der Fütterung von Regenbogenforellen mit Trockenmischfuttermitteln und Frischfisch. In: *Mitt. Landesforschungsanstalt f. Landw. u. Fischerei MV* 22 (2000), S. 22-40
- Steffens 1997** STEFFENS, W.: Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. In: *Aquaculture* 151 (1997), S. 97-119
- Steffens 1985** STEFFENS, W.: *Grundlagen der Fischernährung*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1985. – ISBN 3-334-00075-3
- Strauss / Hayler 2001** STRAUSS, G. ; HAYLER, R.: Wirkung organischer Säuren: Gesundheitsrelevante Kontaminationen im Mischfutter vermeiden. In: *Kraftfutter* (2001) 4, S. 147-151
- TierSeuchAnzV** VERORDNUNG ÜBER ANZEIGEPFLICHTIGE TIERSEUCHEN (TIERSEUCHANZV) (Fassung der Bekanntmachung vom 19. Juli 2011, BGBl. I S. 1404)
- Tülsner 1994** TÜLSNER, M.: *Fischverarbeitung*. Bd. 1: *Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse*. Hamburg: Behr's Verlag, 1994. – ISBN 3-86022-196-5 Gb
- Turchini / Ng / Tocher 2010** TURCHINI, G.M. (Hrsg.) ; NG, W.-K. (Hrsg.) ; TOCHER, D.R. (Hrsg.): *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds*. Boca Raton [u.a.]: CRC Press, 2010. – ISBN 978-1-4398-0862-7
- Torgersen 1998** TORGERSEN, Y.: Physical and chemical inactivation of the infectious salmon anaemia (ISA) virus. In: *Proceedings from the 6 th annual New England farmed fish health workshop*, Eastport, Maine, USA, S. 44-53

- TKrMeldpflV** VERORDNUNG ÜBER MELDEPFLICHTIGE TIERKRANKHEITEN (TKRMELDPFLV) (in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Februar 2011, BGBl. I S. 252, die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. März 2012, BGBl. I S. 503, geändert worden ist)
- VO 2316/98** VERORDNUNG (EG) NR. 2316/98 DER KOMMISSION vom 26. Oktober 1998 zur Zulassung neuer Zusatzstoffe und zur Änderung der Zulassungsbedingungen für mehrere bereits zugelassene Zusatzstoffe in der Tierernährung (Text von Bedeutung für den EWR)
- VO 767/2009** VERORDNUNG (EG) NR. 767/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission (v. 13.07.2009, Text von Bedeutung für den EWR)
- VO 1069/2009** VERORDNUNG (EG) NR. 1069/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 (Verordnung über tierische Nebenprodukte, v. 21.10.2009)
- VO 142/2011** VERORDNUNG (EU) NR. 142/2011 DER KOMMISSION zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte sowie zur Durchführung der Richtlinie 97/78/EG des Rates hinsichtlich bestimmter gemäß der genannten Richtlinie von Veterinärkontrollen an der Grenze befreiter Proben und Waren (v. 25.02.2011)
- VO 575/2011** VERORDNUNG (EU) NR. 575/2011 DER KOMMISSION vom 16. Juni 2011 zum Katalog der Einzelfuttermittel (Text von Bedeutung für den EWR)
- Webster / Lim 2002** WEBSTER, C.D. (Hrsg.) ; LIM, C.E. (Hrsg.): Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. Wallingford: CAB International, 2002. – ISBN 0-85199-519-5
- Wedekind 2009** WEDEKIND, H.: Qualität von Fischen aus der Aquakultur. In: *Fleischwirtschaft* 2009, Nr. 5, S. 113-118
- Zhang / Liu / Su / Li / Sun / Liang / Lv 2011** ZHANG, S. ; LIU, L. ; SU, Y. ; LI, H ; SUN, Q. ; LIANG, X. ; LV, J.: Antioxidative activity of lactic acid bacteria in yogurt. In: *African Journal of Microbiology Research* 5 (2011), S. 5194-5201
- Zienert / Heidrich 2005** ZIENERT, S. ; HEIDRICH, S.: Aufzucht von Zandern in der Aquakultur. In: *Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow* 18 (2005). – ISSN 1438-4876

Anhänge

Anhang 1: Rechtliche Rahmenbedingungen

Gegenstand dieses Vorhabens sind tierische Nebenprodukte, die bei der Schlachtung bzw. Verarbeitung von Süßwasserfischen zur Erzeugung von Produkten für den menschlichen Verzehr anfallen. Die Verwertung von tierischen Nebenprodukten ist gesetzlich streng geregelt. Der Umgang mit Fischnebenprodukten — dies umfasst das Abholen, Sammeln, Befördern, Lagern, Behandeln, Verarbeiten, Verwenden sowie Beseitigen — wird in der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte sowie in der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 vom 25. Februar 2011 zur Durchführung der o. g. Verordnung geregelt.

Die VO 1069/2009 untergliedert tierische Nebenprodukte entsprechend ihrer Herkunft, Beschaffenheit bzw. ihres Gefährdungspotenzials für Mensch und Tier in 3 Kategorien und legt Maßnahmen zum Umgang mit diesen fest. Nach Artikel 10, Buchstabe j, werden "tierische Nebenprodukte von Wassertieren aus Betrieben oder Anlagen, die Erzeugnisse zum menschlichen Verzehr herstellen", der Kategorie 3 zugeordnet. Nach dem Artikel 14 der gleichen Verordnung stehen den Fischnebenprodukten der Kategorie 3 folgende zulassungspflichtige Entsorgungs- bzw. Verwertungswege offen:

- Verbrennung oder Nutzung als Brennstoff
- Nach Verarbeitung (Hygienisierung) zu deponieren
- Verarbeitung zur Herstellung von Futtermitteln oder zur Herstellung organischer Düngemittel bzw. von Bodenverbesserungsmitteln (außer wenn es sich um Material der Kategorie 3 handelt, das sich durch Zersetzung, oder Verderb so verändert hat, dass es durch dieses Produkt eine unannehmbare Gefahr für die Gesundheit von Mensch oder Tier darstellt)
- Silierung
- Verwertung in einer Biogas- oder Kompostierungsanlage
- Herstellung von Folgeprodukten gemäß Artikel 33, 34 und 36 (hier geht es hauptsächlich um kosmetische Mittel, Arzneimittel und Medizinprodukte).

Die Verarbeitung tierischer Nebenprodukte ist nach vorgeschriebenen Standard- oder Alternativmethoden durchzuführen. Diese Methoden sind im Anhang IV, Kapitel III und IV der VO 142/2011 beschrieben. Die Alternativmethoden berücksichtigen insbesondere eine energetische Verwertung. Ist aber, wie in diesem Vorhaben, eine Anwendung als Futter vorgesehen, muss die Verarbeitung der Fischnebenprodukte nach einer der sieben Standardverarbeitungsmethoden erfolgen. Kernpunkt von sechs Methoden (VO 142/2011, Anhang IV, Kapitel III, Verarbeitungsmethoden 1-6) ist eine Zerkleinerung unter Einhaltung eines Mindestzerkleinerungsgrades sowie einer Hitzebehandlung mit vorgeschriebener Mindesttemperatur und Mindestdauer sowie vorgeschriebenem Mindestdruck. Bei einer weiteren Verarbeitungsmethode, Verarbeitungsmethode 7, sind Zerkleinerung und Hitzebehandlung nicht eindeutig definiert, aber der Nachweis der Erfüllung bestimmter mikrobiologischer Normen (maximale Keimbelastung mit *Clostridium perfringens*, *Salmonella* und *Enterobacteriaceae*) ist erforderlich.

Die Silierung von Fischnebenprodukten sollte sich nach den Standardverarbeitungsmethoden 6 oder 7 richten. Die Standardverarbeitungsmethode 6 (VO 142/2011, Anhang IV, Kapitel III) ist nur für tierische Nebenprodukte der Kategorie 3, die von Wassertieren oder wirbellosen Wasserlebewesen stammen, erlaubt. Danach sollen die Fischnebenprodukte auf mindestens 50 mm bzw. 30 mm zerkleinert und auf eine Kerntemperatur von mindestens 90 °C bzw. 70 °C (Haltezeit 1 h) erhitzt werden. Die eigentliche Silierung soll durch die Zugabe von Ameisensäure bis zu einem pH-Wert $\leq 4,0$ erfolgen.

Darüber hinaus sollten bei der Durchführung der Silierung die Anforderungen, die in der VO 142/2011, Anhang IV, Kapitel I und II, festgelegt sind, beachtet werden. Diese umfassen u. a. folgende spezielle Vorschriften:

- Anlagen zur Verarbeitung von Material der Kategorie 3 (Fischnebenprodukte) dürfen ausschließlich nur Material dieser Kategorie verarbeiten und müssen von Einrichtungen zur Verarbeitung von Material der Kategorie 1 und 2 räumlich getrennt sein (mindestens separates Gebäude). Die zuständigen Behörden können jedoch Ausnahmen genehmigen, wenn über bestimmte Maßnahmen eine Kreuzkontamination verhindert wird.
- Betriebe müssen über geeignete Einrichtungen zur Reinigung und Desinfektion verfügen. Außerdem muss auf der Grundlage eines dokumentierten Ungezieferbekämpfungsplanes systematisch gegen Ungeziefer vorgegangen werden.
- Verarbeitungsbetriebe müssen über Vorrichtungen zur Abwasser-Vorbehandlung und zur Kontrolle der Nebenprodukte auf Fremdstoffe (Metallstücke, Verpackungsmaterial usw.) verfügen.
- An sogenannten kritischen Kontrollpunkten müssen die Parameter (erreichter Zerkleinerungsgrad, erreichter Temperaturwert, angewandter Druck sowie Dauer der Hitzebehandlung) überprüft und aufgezeichnet werden. Diese Aufzeichnungen müssen mindestens 2 Jahre lang aufbewahrt werden.

Bei der Verwertung der silierten Fischnebenprodukte als Futtermittel ist zu beachten, dass nach der VO 1069/2009 (Artikel 11, Abs.1, Buchstabe d) „die Fütterung von Zuchtfisch mit verarbeitetem tierischem Protein, das aus Körpern oder Teilen von Körpern von Zuchtfischen derselben Art gewonnenen wurde“, verboten ist. Außerdem müssen zusätzlich zu den oben aufgeführten Vorschriften die Regelungen des Futtermittelrechtes berücksichtigt werden.

Über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Einzelfuttermitteln, Mischfuttermitteln und Futtermittelzusatzstoffen existieren in der EU mehrere gesetzliche Bestimmungen. Zu beachten sind insbesondere die Futtermittelverordnung (FuttMV), die VO 767/2009, die Richtlinien 2002/32 und 70/524/EWG sowie die VO 1831/2003 (Futtermittelzusatzstoff-Verordnung). „Fische oder Fischteile, frisch oder durch ein geeignetes Verfahren haltbar gemacht, sowie die Nebenerzeugnisse aus der Verarbeitung“ gehören nach der FuttMV (Anlage 2b zu § 13 Abs. 3 Satz 1) zu der Gruppe von Einzelfuttermitteln: „Fisch und Fischnebenerzeugnisse“. Nach der VO 767/2009 sind beim Inverkehrbringen und bei der Verwendung von Einzelfuttermitteln aus dieser Gruppe die Gehalte an Rohprotein (wenn > 10%), Rohölen und -fetten (wenn > 5%) sowie Feuchtigkeit (wenn > 8 %) anzugeben. Ameisensäure (EG-Nr. E 236) und Natriumformiat (EG-Nr. E 237), die im Rahmen dieses Vorhabens in den chemisch silierten Fischnebenprodukten enthalten sind, gehören zu den konservierenden Stoffen und sind als Futtermittelzusatzstoffe nach der Richtlinie 70/524/EWG zugelassen. Ihre Anwendung ist im Futter für alle Tierarten möglich. Es sind keine Höchstgehaltsgrenzen festgelegt. Beide Stoffe sind ebenfalls als Zusatzstoff im Gemeinschaftsregister der Futtermittelzusatzstoffe in der Kategorie 1, Funktionsgruppe a, gelistet.

In diesem Vorhaben werden *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus* und *Staphylococcus xylosus* bei der biologischen Silierung eingesetzt. Nach dem Artikel 16 der FuttMV, in Verbindung mit der Futtermittelzusatzstoff-Verordnung und dem Gemeinschaftsregister der Futtermittelzusatzstoffe, sind *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* und *Pediococcus pentosaceus* als Zusatzstoffe (Gruppe der Silierzusatzstoffe, Untergruppe Mikroorganismen) zugelassen. *Lactobacillus curvatus* und *Staphylococcus xylosus* finden zwar Anwendung bei der Lebensmittelherstellung (in der Rohwurstreifung), werden aber in der Futtermittelzusatzstoff-Verordnung nicht erwähnt und in dem Gemeinschaftsregister der Futtermittel-

zusatzstoffe nicht aufgeführt. Diese Stämme gehören auch nicht zu den verbotenen oder unerwünschten Stoffen in Futtermitteln (VO 767/2009 und Richtlinie 2002/32). Sie sind daher als Futtermittelzusatzstoff weder zugelassen noch verboten. Voraussetzung für einen Einsatz in Futtermitteln ist jedoch die Zulassung, die beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) beantragt werden kann.

Zuckerrübenmelasse, ebenfalls bei der biologischen Silierung verwendet, ist ein Einzelfuttermittel und wird als (Zucker-)Rübenmelasse unter der Nr. 4.1.4 in der VO 575/2011 gelistet.

Zur Reduzierung einer möglichen Oxidation des Fischöls während der Lagerung wird bei einem Versuch Butylhydroxytoluol (BHT) zugesetzt. Dieses Antioxidans (EG-Nr. E 321) ist nach der Richtlinie 70/524/EWG sowie der VO 2316/98 in Konzentrationen bis 150 mg/kg als Alleinfuttermittel für alle Tierarten zugelassen.

Bei der Verwertung von Fischnebenprodukten sollten durch Krankheit verstorbene Tiere gesondert verarbeitet werden. Nach Artikel 9, Buchstabe f, der VO 1069/2009 werden Tierkörper und Teile von Tieren „die auf anderem Wege zu Tode kamen als durch Schlachtung oder Tötung zum menschlichen Verzehr, einschließlich Tieren, die zum Zweck der Seuchenbekämpfung getötet werden“ der Kategorie 2 zugeordnet. Fische, die in Folge einer Krankheit gestorben sind, gehören also der Kategorie 2 an. Nach dem Artikel 13 der o.g. Verordnung sind als zulassungspflichtige Entsorgungs- bzw. Verwertungswege für Fischnebenprodukte der Kategorie 2 ebenfalls die Verbrennung, die Verarbeitung zur Herstellung organischer Düngemittel bzw. Bodenverbesserungsmitteln, die Silierung und die Verwertung in einer Biogas- oder Kompostierungsanlage vorgesehen. Die Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere ist aber nicht möglich; auch dann nicht, wenn davor enthaltene Krankheitserreger abgetötet werden. Die Herstellung von Futter für andere Tiere ist in bestimmten Fällen erlaubt. Als Standardverarbeitungsmethoden (Anhang IV, Kapitel II, Abschnitt 3 und Anhang IV, Kapitel III, in der VO 142/2011) sind nur Methoden mit Hygienisierungstemperaturen über 80 °C (als Kerntemperatur) und Haltezeiten über 120 min bzw. Kerntemperaturen über 100 °C und Haltezeiten über 60 min zugelassen.

Anhang 2: Aminosäurespektrum diverser Fischsilagen

Amino- verbindung	A3.1 (chem., past.); in g/100g				B1.1 (chem., roh); in g/100g				C3.2 (biol., past.) in g/100g				F1 (chem., roh, entf.); in g/100g			
	frei	gebund.	kompl.	frei/kom.	frei	gebund.	kompl.	frei/kom.	frei	gebund.	kompl.	frei/kom.	frei	gebund.	kompl.	frei/kom.
Alanin	0,06	1,30	1,36	4,4%	0,33	0,59	0,92	35,9%	0,16	1,13	1,29	12,4%	0,42	0,67	1,09	38,5%
Arginin	0,04	0,86	0,90	4,4%	0,27	0,52	0,79	34,2%	0,07	0,47	0,54	13,0%	0,49	0,85	1,34	36,6%
Asparagin	0,01	0,45	0,46	2,2%	0,19	0,30	0,49	38,8%	0,05	0,42	0,47	10,6%	0,26	0,39	0,65	40,0%
Asparaginsäure	0,05	1,31	1,36	3,7%	0,32	0,57	0,89	36,0%	0,08	0,59	0,67	11,9%	0,44	0,72	1,16	37,9%
Citrullin	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,18	0,20	10,0%	-	-	-	-
Cystein	-	-	-	-	0,05	0,08	0,13	38,5%	-	-	-	-	0,06	0,08	0,14	42,9%
Glutamin	-	-	-	-	0,01	0,03	0,04	25,0%	0,01	0,06	0,07	14,3%	0,01	0,02	0,03	33,3%
Glutaminsäure	0,07	1,96	2,03	3,5%	0,43	0,79	1,22	35,3%	0,18	1,31	1,49	12,1%	0,68	1,19	1,87	36,4%
Glycin	0,02	0,65	0,67	3,0%	0,11	0,21	0,32	34,4%	0,21	1,29	1,50	14,0%	0,25	0,29	0,54	46,3%
Histidin	0,01	0,44	0,45	2,2%	0,07	0,12	0,19	36,8%	0,04	0,23	0,27	14,8%	0,13	0,18	0,31	41,9%
Isoleucin	0,03	0,87	0,90	3,3%	0,35	0,60	0,95	36,8%	0,05	0,35	0,40	12,5%	0,41	0,66	1,07	38,3%
Leucin	0,05	1,31	1,36	3,7%	0,62	1,16	1,78	34,8%	0,12	0,97	1,09	11,0%	0,70	0,97	1,67	41,9%
Lysin	0,04	0,87	0,91	4,4%	0,32	0,70	1,02	31,4%	0,12	0,96	1,08	11,1%	0,57	1,01	1,58	36,1%
Methionin	0,02	0,43	0,45	4,4%	0,23	0,39	0,62	37,1%	0,05	0,50	0,55	9,1%	0,33	0,51	0,84	39,3%
Ornithin	0,01	0,01	0,02	50,0%	-	-	-	-	0,08	0,39	0,47	17,0%	-	-	-	-
Phenylalanin	0,03	0,87	0,90	3,3%	0,34	0,75	1,09	31,2%	0,04	0,37	0,41	9,8%	0,43	0,67	1,10	39,1%
Prolin	0,03	0,87	0,90	3,3%	0,20	0,42	0,62	32,3%	0,09	0,65	0,74	12,2%	0,21	0,35	0,56	37,5%
Serin	0,02	0,66	0,68	2,9%	0,23	0,43	0,66	34,9%	0,10	0,65	0,75	13,3%	0,36	0,57	0,93	38,7%
Taurin	0,14	3,02	3,16	4,4%	0,13	0,23	0,36	36,1%	0,12	0,77	0,89	13,5%	0,12	0,19	0,31	38,7%
Threonin	0,03	0,65	0,68	4,4%	0,29	0,53	0,82	35,4%	0,07	0,54	0,61	11,5%	0,41	0,62	1,03	39,8%
Tryptophan	-	-	-	-	0,09	0,01	0,10	90,0%	-	-	-	-	0,10	0,08	0,18	55,6%
Tyrosin	0,02	0,43	0,45	4,4%	0,12	0,31	0,43	27,9%	0,04	0,30	0,34	11,8%	0,23	0,66	0,89	25,8%
Valin	0,04	1,09	1,13	3,5%	0,36	0,76	1,12	32,1%	0,07	0,54	0,61	11,5%	0,45	0,69	1,14	39,5%
Gesamt	0,72	18,05	18,77	3,8%	5,06	9,50	14,56	34,8%	1,77	12,67	14,44	12,3%	7,06	11,37	18,43	38,3%

Anhang 3: Fettsäurespektrum diverser Fischnebenprodukte und Silagen

FS-Kürzel	Name	FNP 1	FNP 2	A 1.1	B 2.2	D 1	F 1	Locr0411	Locp2211
C 12:0	Laurinsäure	1,4%	1,5%	2,5%	2,2%	1,6%	0,6%	0,1%	0,6%
C 14:0	Myristin-	2,7%	3,0%	3,3%	3,2%	3,3%	3,0%	5,6%	4,2%
C 16:0	Palmitin-	11,4%	11,2%	10,6%	10,9%	11,3%	11,2%	13,0%	15,4%
C 16:1 w7	Palmitolein-	5,6%	5,2%	5,8%	5,6%	5,3%	5,8%	6,9%	7,8%
C 18:0	Stearin-	2,9%	2,7%	2,1%	2,3%	2,6%	2,7%	1,9%	2,5%
C 18:1 cis w9	Öl-	39,8%	39,0%	39,2%	35,7%	38,3%	40,2%	33,0%	33,5%
C 18:1 cis w7	Vaccen-	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	0,7%	4,6%
C 18:1 trans w9	Elaidin-	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%
C 18:2 trans w6	Linolelaidin-	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,4%
C 18:2 cis w6	Linol-	15,5%	16,5%	14,7%	14,1%	16,2%	16,4%	10,3%	11,9%
C 18:3 cis w3	Linolen-	4,6%	5,2%	3,6%	4,0%	5,0%	4,9%	7,1%	2,6%
C 20:0	Arachin-	2,7%	2,9%	3,7%	3,2%	3,1%	3,5%	1,8%	1,2%
C 20:5 cis w3	Eicosapentaen-	3,1%	2,8%	3,4%	3,6%	3,3%	3,1%	7,4%	5,2%
C 22:0	Behen-	1,5%	2,2%	2,9%	2,4%	2,1%	1,8%	0,9%	1,1%
C 22:5 cis w3	Docosapentaen-	1,5%	1,2%	1,6%	1,6%	1,3%	0,3%	0,4%	0,3%
C 22:6 cis w3	Docosahexaen-	6,3%	5,6%	6,1%	5,9%	5,6%	6,0%	8,0%	6,5%
C 24:0	Lignocerin-	0,7%	0,6%	0,3%	0,1%	0,5%	0,2%	2,7%	2,0%
C24:1 cis w9	Nervon-	0,3%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Summe gesättigte Fettsäuren</i>		23,3%	24,1%	25,4%	24,3%	24,5%	23,0%	26,0%	27,0%
<i>Summe Monoen-Fettsäuren</i>		45,7%	44,4%	45,2%	46,0%	43,7%	46,1%	40,7%	46,1%
<i>Summe Polyen-Fettsäuren</i>		31,1%	31,5%	29,6%	29,2%	31,6%	30,9%	33,4%	26,9%
<i>Summe trans-Fettsäuren</i>		0,1%	0,2%	0,2%	0,4%	0,2%	0,3%	0,3%	0,6%
<i>Summe Omega-3-Fettsäuren</i>		15,5%	14,8%	14,7%	15,1%	15,2%	14,3%	22,9%	14,6%
<i>Summe Omega-6-Fettsäuren</i>		15,6%	16,7%	14,9%	14,1%	16,4%	16,6%	10,5%	12,3%

Anhang 4: Interviewleitfaden zur Befragung von Fischzuchtbetrieben

1. Betriebsdaten		
<ul style="list-style-type: none"> • Name, Ansprechpartner: • Anschrift: • Telefon: • e-mail: 	<ul style="list-style-type: none"> - nur Betriebe mit ausgewachsenen Fischen - nur Betriebe, die selbst schlachten - auch Betriebe mit Süßwasserfischverarb. 	
Betriebsart: - Teichwirtschaft oder Durchlaufanlage oder Kreislaufanlage oder Netzgehegeanlage - konventionelle oder ökologische Erzeugung sonstiges		
Produktionsstruktur: welche Fischarten, wann fallen diese an?, Jahresproduktionsmenge		
Futterstruktur und –menge:		
Futterkosten (Preis pro kg jeweils für große und kleine Fische) – auch % an Gesamtkosten:		
Woher wird Futter eingekauft?		
Wie und wo erfolgt die Vermarktung der Fische/Fischprodukte		
Wie soll sich der Betrieb weiterentwickeln, gibt es dafür ein Konzept? - Planung einer Verarbeitung - vorhandene Verarbeitung erweitern oder planen sie eine Kreislaufwirtschaft (Wasserqualität entscheidend)		
Sonstiges:		
2. Schlachtung/Verarbeitung		
Wird im eigenen Betrieb geschlachtet? Gibt es einen eigenen Schlachtraum mit Schlachtstrecke (modern?, überholt?) – Wie viele Fischarten/Fischmenge werden geschlachtet – pro Tag/pro Woche/pro Jahr – jeweils prozentualer Anteil		
Wie viele Nebenprodukte (Fischabfälle) entstehen? - kg pro Tag/pro Woche/pro Jahr - wie hoch ist der saisonale Anfall		
Woraus bestehen die Nebenprodukte (Fischabfälle) – prozentuale Anteile - Köpfe, Innereien, Haut und Gräten - filetierter Fisch an der Gesamtmenge in % - lebend verkaufter Fisch an der Gesamtmenge in % - ausgenommener Fisch an der Gesamtmenge		
Wie und wohin werden die Nebenprodukte entsorgt? Wer ist der Entsorger?		
Was kostet die Entsorgung? Werden die Nebenprodukte abgeholt?		
Können die Nebenprodukte gekühlt/tiefgefroren werden oder werden sie täglich, wöchentlich etc. abgeholt?		
Ist ausreichend Lagerkapazität mit Kühlung vorhanden bzw. Lagerung ohne Kühlung?		

Sonstiges:	
3. Chemische Silierung (parallel dazu Fotos zeigen)	
Können Sie sich vorstellen: die Nebenprodukte nach dem Schlachten für einige Tage zu kühlen?	
anschließend vor- und feinzuzerkleinern und danach zwischenzustapeln?	
anschließend die zerkleinerte Masse zu wiegen, die Säure zu dosieren und diese in die abgewogene Masse zu mischen?	
anschließend den pH-Wert zu kontrollieren und die silierte Masse bei Raumtemperatur zu lagern bis zur Weiterverarbeitung?	
Nach den Arbeiten alle eingesetzten Maschinen und Geräte zu reinigen?	
Sonstiges: auch die biologische Silierung ist möglich – diese kurz erläutern. Hätte der Betrieb Interesse daran?	
4. Pelletherstellung aus Silage	
Können Sie sich vorstellen: vor der Pelletierung aus der silierten Masse das Fischöl abzutrennen und beiseite zu stellen (eventuell das Öl abzuschöpfen oder eine Zentrifuge einzusetzen; Zentrifuge wird sich kaum lohnen, ist zu teuer)?	
die Lauge zu dosieren und mit der silierten Masse zu mischen („die silierte Masse zu neutralisieren“)?	(den Säuregeschmack beseitigen, z.B. mit Natronlauge, nur kurz vor der Pelletierung möglich)
aus dem Produkt „neutralisierte Fischsilage“ selbst Futterpellets herzustellen?	
die neutralisierte Fischsilage zu analysieren (bzw. analysieren zu lassen) – eine Qualitätskontrolle vorzunehmen?	
nach der Analyse die Pelletkomponenten (weitere Futterbestandteile sind Proteine und Getreidemehl) je nach Fischart zu dosieren?	
aus der neutralisierten, dosierten und abgewogenen Fischsilage und nach der Zugabe weiterer Bestandteile einen Pelletteig herzustellen und daraus selbst Futterpellets zu pressen/zu extrudieren?	
die Nachtrocknung vorzunehmen (eventuell gar nicht nötig oder Lufttrockner einsetzen)?	
die Qualität des pelletierten Fischfutters zu überprüfen/zu analysieren bzw. Stichproben analysieren zu lassen?	
danach alle eingesetzten Maschinen und Geräte zu reinigen?	
Sonstiges:	

5. Weiterentwicklung des Betriebes/neues Produktionssegment	
Könnten Sie sich vorstellen, die chemische Silierung in ihren technologischen Ablauf einordnen? Wie könnte das geschehen? (vielleicht nur silieren und dann die silierten Produkte verkaufen)	
Können Sie sich prinzipiell vorstellen, selbst Fischfutter aus den eigenen Nebenprodukten herzustellen?	
Wenn ja, warum und mit welchem Ziel? <ul style="list-style-type: none"> – Gewinn machen, wie hoch sollte dieser mindestens sein? – wenn das Futter eine sehr gute Qualität hat, besser als bisher ist – wenn das Futter sehr gut verwertet wird und die Fische schneller und mehr zunehmen – wenn der „ökolog. Charakter“ der Produktion das Image meines Betriebes verbessert 	
Wenn nein, warum nicht?	
Wären sie bereit, dafür in neue Maschinen zu investieren? Wieviel wären Sie bereit, zu investieren (für die Silierung und/oder für die Trockenfutterherstellung)? Könnten Sie sich vorstellen, dass sich diese Investitionen amortisieren (Angaben zu Kosten von uns?)	
Können sie sich vorstellen, dass ihre aktuellen Angestellten die chemische Silierung neben ihren bisherigen, täglichen Arbeitsaufgaben mit durchführen könnten? Oder würden Sie einen neuen Mitarbeiter einstellen? Oder würden Sie nur silieren und die Pellets woanders (zentral) herstellen lassen?	
Können Sie sich vorstellen, für die Futtererzeugung mit anderen Unternehmen eine Kooperation einzugehen?	
Sonstiges:	

Anhang 5: Interviewleitfaden zur Befragung von Futtermittelwerken

1. Betriebsdaten	
<ul style="list-style-type: none"> • Name, Ansprechpartner: • Anschrift: • Telefon: • e-mail: 	
Betriebsart: - Futtermittelwerk - konventionelle oder ökologische Erzeugung sonstiges	
Jährliche Produktionsmenge an Futter – Mengen und Struktur	
Kosten für Futterbestandteile (Preis pro kg Tiermehl, Fischöl andere Proteine wie Erbsenprotein oder Blutmehl etc.)	
Woher werden Futterbestandteile eingekauft (Ausland, Inland etc.)?	
Sonstiges:	
2. Trockenfutterherstellung	
Könnte man silierte Fischnebenprodukte in die Trockenfutterproduktion integrieren? Zusammensetzung der silierten Fischnebenprodukte (aktuelle Projektergebnisse): <ul style="list-style-type: none"> – Trockensubstanz: 38% – Rohprotein: 13,9 % – Rohfett: 23% – Rohasche 3,7 % – pH 3,4 – 4,2 	
Ist ausreichend Lagerkapazität (ohne Kühlung) für das silierte Produkt vorhanden?	
Wie viel könnten Sie für silierte Fischnebenprodukte zahlen?	
Haben Sie Möglichkeiten zur Selbstabholung?	
Welche Bedingungen sollte die Silage für ihre Weiterverarbeitung in ihrem Betrieb erfüllen? – Trockensubstanz – Zerkleinerungsgrad – Rohfett- und Rohproteingehalt – pH-Wert (je saurer, desto besser = niedriger pH-Wert) Viskosität (fließende, trocken etc.)	
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von Fischsilage? (wichtigste Werte hierbei: Trockensubstanz, Fett- und Proteingehalt)	
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Neutralisation der Silage (die Lauge zu dosieren und mit der silierten Masse zu mischen)?	(den Säuregeschmack beseitigen, z.B. mit Natronlauge, nur kurz vor der Pelletierung möglich)
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur feineren Zerkleinerung der Silage?	
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Ölabtrennung aus der Silage?	

Könnte man Öl aus silierten Fischnebenprodukten in die Trockenfutterproduktion integrieren?	
Wie viel könnten Sie für Öl aus silierten Fischnebenprodukten zahlen?	
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von Fischsöl (darf nicht ranzig sein)?	
Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Dosierung von Fischsilage und Fischöl?	
Sind Fischmehl und Fischöl knapp geworden? Teurer geworden? Wie schätzen Sie die Entwicklung	
Hätten Sie Vorteile aus dem Einsatz von Fischnebenprodukten aus der Region (z. B. Werbung)	
Wären Sie bereit, die silierten Fischnebenprodukte gegen Fischfutter zu tauschen oder das Futter dafür billiger abzugeben?	
Wären Sie bereit zu investieren, um Fischsilage als Rohstoff nutzen zu können? Wie hoch könnten diese Investitionen maximal sein?	
Hätten biologisch silierten Nebenprodukte Vorteile gegenüber chemisch silierten Nebenprodukte?	
3. Weiterentwicklung des Betriebes/neues Produktionssegment	
Können Sie sich prinzipiell vorstellen, das soeben besprochene Segment „Fischfutter-pellets aus silierten Fischnebenprodukten“ in ihren Produktionsprozess zu integrieren?	
Wenn ja, warum und mit welchem Ziel? <ul style="list-style-type: none"> – Gewinn machen, wie hoch sollte dieser mindestens sein? – wenn das Futter eine sehr gute Qualität hat und sich dadurch gut verkaufen lässt – wenn der „ökolog. Charakter“ der Produktion das Image meines Betriebes verbessert 	
Wenn nein, warum nicht?	
Wären sie bereit, dafür in neue Maschinen zu investieren? Wieviel wären Sie bereit, zu investieren?	
Können sie sich vorstellen, dass ihre aktuellen Angestellten die Herstellung der Fischfutterpellets neben ihren bisherigen, täglichen Arbeitsaufgaben mit durchführen könnten? Oder würden Sie neue Mitarbeiter einstellen?	
Können Sie sich vorstellen, für die Futtererzeugung mit anderen Unternehmen eine Kooperation einzugehen?	
Sonstiges:	

Anhang 6: Interviewleitfaden zur Befragung eines Fischmehlwerks

1. Betriebsdaten		
<ul style="list-style-type: none"> • Name, Ansprechpartner: • Anschrift: • Telefon: • e-mail: 		
Betriebsart: Fischmehlwerk		
Werden verschiedene Fischmehlqualitäten produziert? (z. B. extra Fischmehl für Bio-Fischzucht und Bio-Aquakultur)?		
Erfolgt eine Verarbeitung und anschließende Lagerung nach Fischarten (eine Art darf nicht mit der gleichen Art verfüttert werden - Das Lagern, Verarbeiten, Verwenden sowie Beseitigen von nicht für den menschlichen Verzehr bestimmten Fischnebenprodukten und ihren Folgeprodukten werden in der Verordnung (EG) 1069/2009 geregelt)?		
Jährliche Fischmehl-Produktionsmengen nach Fischmehlqualität:		
Jährliche Öl-Produktionsmengen nach Ölqualität:		
Kosten für Rohstoffe <ul style="list-style-type: none"> • Beifang: • Nebenprodukte der Meeresfischverarbeitung: • Nebenprodukte der Süßwasserfischverarbeitung: Silierte Fischnebenprodukte:		
Woher werden Rohstoffe eingekauft?		
Wie soll sich der Betrieb weiterentwickeln, gibt es dafür ein Konzept? vorhandene Produktionskapazität erweitern, neue Produktionspalette		
Verkaufspreise für Fischmehl und Fischöl (eventuell Gesamtumsatz):		
2. Fischöl und Fischmehlherstellung		
Könnte man silierte Fischnebenprodukte in die Fischmehl- und Fischölproduktion integrieren? Gibt es schon Erfahrungen dazu? <ul style="list-style-type: none"> – Trockensubstanz: 38% – Rohprotein: 13,9 % – Rohfett: 23% – Rohasche: 3,7 % – pH-Wert: 3,4 – 4,2 		
Ist ausreichende Lagerkapazität (ohne Kühlung) vorhanden?		
Wie viel könnten Sie für silierte Fischnebenprodukte zahlen? <ul style="list-style-type: none"> – Bei Selbstabholung (abhängig von der Entfernung)? – Bei Lieferung an das Futtermittelwerk? 		
Haben Sie Möglichkeiten zur Selbstabholung? Werden die Rohstoffe während des Transports gekühlt?		
Ab welche Menge erfolgt eine Selbstabholung?		
Maximale Entfernung bei Selbstabholung?		

<p>Welche Bedingungen sollte die Silage für ihre Weiterverarbeitung im Betrieb erfüllen?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trockensubstanz - Zerkleinerungsgrad - Rohfett- und Rohproteingehalt - pH-Wert - Viskosität - Mikrobiologische Beschaffenheit 	
<p>Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von Fischsilage? (Trockensubstanz, Fett- und Proteingehalt, mikrobiologische Beschaffenheit)</p>	
<p>Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Neutralisation der Silage (die Lauge zu dosieren und mit der silierten Masse zu mischen)? Wäre das überhaupt nötig?</p>	<p>(den Säuregeschmack beseitigen, z.B. mit Natronlauge, nur kurz vor der Pelletierung möglich)</p>
<p>Verfügen Sie über Möglichkeiten zur feineren Zerkleinerung der Silage?</p>	
<p>Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Ölabtrennung aus der Silage?</p>	
<p>Wie viel könnten Sie für Öl (bei Gewinnung außerhalb des Betriebes) aus silierten Fischnebenprodukten zahlen?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei Selbstabholung? - Bei Lieferung an das Futtermittelwerk? <p>Preisunterschied nach Ölqualität?</p>	
<p>Verfügen Sie über Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von Fischöl?</p>	
<p>Werden Antioxidantien zu den Ölen zugesetzt? Welche?</p>	
<p>Sind Fischmehl und Fischöl knapp geworden? Teurer geworden? Wie schätzen Sie die Entwicklung</p>	
<p>Hätten Sie Vorteile aus dem Einsatz von Fischnebenprodukten aus der Region (z. B. Werbung)</p>	
<p>Wären Sie bereit zu investieren, um Fischsilage als Rohstoff nutzen zu können? Wie hoch könnten diese Investitionen maximal sein?</p>	
<p>Hätten biologisch silierte Nebenprodukte Vorteile gegenüber chemisch silierten Nebenprodukten (würde man dies preislich honorieren)?</p>	
<p>Hätten hitzebehandelte, silierten Nebenprodukte Vorteile gegenüber nicht hitzebehandelten, silierten Nebenprodukten (ohne Hitzebehandlung bleiben die Enzyme, insbesondere Proteasen, aktiv: die Silage ist viel flüssiger)? Würden Sie das preislich differenzieren?</p>	
<p>Würden Sie den Einsatz von Antioxidantien in Fischsilage preislich honorieren?</p>	

Anhang 7: Charakterisierung der befragten Unternehmen bezüglich ihrer Produktions- und Verarbeitungsstrukturen

	Gewässerfläche und Betriebsart	Produktionsstruktur/jährliche Produktionsmengen	Futterstruktur	Futterkosten	Standort des Futtererzeugers	Vermarktung	Schlachtmenge	Menge der Nebenprodukte	Aktuelle Entsorgung	Lagerkapazität/Kühlung
A	175 ha; ökol. Teichwirtschaft, Natura 2000-Gebiet; Fischverarbeitung und -handel	70 t Karpfen, Forellen, Schleie, Störe; Zukauf von 50 t Süß- u. Salzwasserfischen	nur Getreide-zufutter	ca. 30-50% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften	Hofladen, LEH, Restaurants (Salate, Frischfisch, Räucherfisch, Marinaden)	ca. 80 t im Ø des Jahres	bis 1 t/Woche; in Spitzenzeiten 1-2 t/Tag, 40 t/Jahr; saisonaler Anfall	regionale BGA, 2x wöchentlich, in Spitzenzeiten täglich; 10 €/t	in Kühlzelle für 3 bis 4t, bei 3-5°C
B	600 ha; Netzgehegeanlagen; Fischverarbeitung	60 t Forellen, Saiblinge, Waller; 40 t Karpfen; 100 t Störe (Ziel: 1.000 t)	Mischfutterpellets; Getreide; Grünpellets als Beifutter	ca. 40-50% der Gesamtkosten; 0,70-0,90 €/kg für Karpfenpellets; 0,20 €/kg für Grünpellets	Emsland-Aller Aqua (Golßen); Koppens (Holland)	Premiumvermarktung über Rangiereexpress; und Großhändler	ca. 60 t/Jahr	z. Z. 20 t/Jahr; Ziel: 200 t/Jahr; lässt auch außerhalb schlachten	regionaler Entsorger (liefert zum Fischmehlwerk); teilweise Verfütterung	bisher nur kleine bis mittlere Kapazität
C	255 ha; ökologische und konventionelle Teichwirtschaft; Fischverarbeitung	85 t Karpfen, 15 t Schleie, Zander, Hechte, und Welse, 75 t Karauschen	50-60 t pro Jahr Getreide; 20-30 t/Jahr Pellets	ca. 50% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften; Koppens (Holland)	an andere Fischereibetriebe; Anglerverbände; Hofladen; LEH, Gaststätten, Events	ca. 15 t/Jahr	max. 5 t/Jahr	regionaler Entsorger (liefert zum Fischmehlwerk)	nur kleine Kapazität
D	naturnahe Teichwirtschaft und Netzgehegeanlagen	150 t Karpfen (Speisekarpfen und Satzkarpfen); 5 t Forellen	Getreidezufutter und Forellenfutterpellets	ca. 30-50% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften; Emsland-Aller Aqua (Golßen)	Anglerverbände; Satzfische, Lebendkarpfen an LEH	ca. 2-3 t/Jahr	10-20 kg/Woche, 1 t/Jahr; mind. 10 t Futterfische versch. Größe pro Jahr	regionale TKBA; Futterfische in versch. Tierparks (1 €/kg)	für mind. 2 t Lagerung und Kühlung vorhanden
E	30.000 ha Seenfischerei; 2 Teichwirtschaften; 2 Durchlaufanlagen; Fischverarbeitung und -handel	300 t Eigenfische (kl. Maränen, Aal, Karpfen, Saiblinge, Störe, Barsche, Zander, Hechte); 300 t Zukauf (auch Übersee)	151 t/Jahr Getreide; Mischfutterpellets	30-40% der Gesamtkosten; 1 €/kg Karpfenfutter; 1,10-1,20 €/kg Mischfutterpellets	regionale Getreidewirtschaften; Emsland-Aller Aqua (Golßen); Koppens (Holland)	8 Fischerhöfe; Gaststätten; wenig LEH; 15-20 t Satzfische	ca. 200 t im Ø des Jahres	ca. 1,5 t/Woche (80-90 t/Jahr)	zum Fischmehlwerk für 9 ct/kg; zu regionaler TKBA für 4-8 ct/kg (werden 1-2x/ Woche abgeholt)	NP im Kühlraum in Tonnen gelagert; ausreichend Lager- und Kühlkapazität vorhanden
F	340 ha; naturnahe Teichwirtschaft und ökologische Erzeugung; Fischverarbeitung	150 t Karpfen, Hechte, Schleie, Welse; 10 t Weißfische	Getreidezufutter	ca. 40% der Gesamtkosten; ca. 200 €/t; Futterkosten steigend	regionale Getreidewirtschaften	Hofladen; LEH; Gaststätten (ca. 50% Lebendverkauf)	ca. 30 t im Ø des Jahres, dar. 5 t filetiert	im Ø 200-250 kg/Woche (13 t/Jahr); zusätzlich 10 t Weißfische/Jahr	zum Fischmehlwerk für 9 ct/kg; zu regionaler TKBA für 4-8 ct/kg	eine Woche lagern und kühlen ist möglich

	Gewässerfläche und Betriebsart	Produktionsstruktur/jährliche Produktionsmengen	Futterstruktur	Futterkosten	Standort des Futtererzeugers	Vermarktung	Schlachtmenge	Nebenprodukte	Aktuelle Entsorgung	Lagerkapazität/Kühlung
G	381 ha; konventionelle und ökologische Teichwirtschaft	120-140 t Speisekarpfen/Jahr, dar. 3-4 t Biokarpfen; 10 t Zander, Schleie, Hechte, Welse	Getreide und Biogetreide	35% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften und Biobauern	Großhandel (90% der lebenden Karpfen); Restaurants, LEH; Hofladen	ca. 10 t im Ø des Jahres,	ca. 3-5 t im Ø des Jahres	regionale TKBA für 4-8 ct/kg (wird abgeholt)	Lagerung und Kühlung kleinerer Mengen möglich
H	800 ha; naturnahe Teichwirtschaft; Fischverarbeitung und -handel	150 t Eigenfische (80 t Karpfen, 30 t Forellen, 30 t Wels, 10t Stör) 70 t Zukauf (Heilbutt, Makrele, Lachs, Hering Fludern, ...)	Getreidezufutter	25% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften	LEH, freie Fischhändler, Gastronomiegroßhandel, Events, Restaurants, Hofladen	ca. 110-120 t im Ø des Jahres	ca. 55 t im Ø des Jahres	Welsabfälle an Premiumfutterhersteller (gefrostet bei -20°C, für 10-14 ct/kg); Karpfenabfälle zum Fischmehlwerk (kühl lagern bei ca. 5°C); übrige NP wöchentlich in regionale TKBA	Lagerkapazität mit Kühlung/-Frostung für mehrere Tonnen möglich
I	5.400 ha Seenfischerei und Fließgewässerabschnitte; Fischverarbeitung und -handel	110 t Eigenfische (dar. Forellen, Saiblinge, Hechte, Zander, Aale, Welse, Karpfen) und Zukauf	alles natürliches Futter, kein Zukauf	-	-	vier Fischerhöfe; Restaurants; Angelvereine	50-60 t/Jahr	25 t/Jahr mit steigender Tendenz	regionale TKBA für 4-8 ct/kg (werden 1-2x je Woche abgeholt)	Lager- und Kühlkapazität für ca. 4 t bei 5°C
J	1.650 ha naturnahe Teiche; Fischverarbeitung und -handel	600 t Eigenfische (vor allem Karpfen) 250 t Zukauf Seefische (Heilbutt, Lachs, Makrelen, Sprotten, Welse Aal, Forellen etc.)	Getreidezufutter	35% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften	90% der Karpfen lebend in den Großhandel, LEH, freie Fischhändler, Gastronomie, Events	ca. 250 t/Jahr	ca. 90 t im Ø des Jahres	regionale BGA, wöchentliche Abholung, Okt.-Jan. täglich; 11,50 €/t	Lager- und Kühlkapazität für ca. 2,4 t bei 5°C
K	Teilkreislaufanlage, konventionelle Erzeugung; Fischverarbeitung und -handel	250 t Forellen, ab 2013 Erweiterung auf 400 t; Zukauf	250 t/Jahr Forellenfutterpellets	50% der Gesamtkosten (1,30-1,50 €/kg)	überregionale Erzeugung: Biomar (Dänemark)	ausschließlich Großhandel	schlachtet auch für and. Betr.; insg. ca. 600 t/Jahr	1 bis 1,5 t/Tag (ca. 250 t/Jahr); ca. 95% Innereien, 5% Köpfe, Haut und Gräten	zum Fischmehlwerk, 2-3 x pro Woche, für 5 ct/kg	Kühlcontainer und Lagerkapazität ausreichend vorhanden

	Gewässerfläche und Betriebsart	Produktionsstruktur/jährliche Produktionsmengen	Futterstruktur	Futterkosten	Standort des Futtererzeugers	Vermarktung	Schlachtmenge	Nebenprodukte	Aktuelle Entsorgung	Lagerkapazität/Kühl.
L	Kreislaufanlage, konventionelle Erzeugung; Fischverarbeitung	120 t/Jahr Europäischer Wels	120 t/Jahr Trockenfutterpellets	ca. 40% der Gesamtkosten, (1,60 €/kg)	k.A.	ausschließlich Großhandel; kleiner Hofladen	120 t/Jahr (55% Filet)	ca. 70 t/Jahr	zum Fischmehlwerk, 1x pro Woche, für 5 ct/kg	Kühlraum und Lagerkapazität ausreichend vorhanden
M	100 ha naturnahe Teiche auf zwei Standorten; Satz-fischerei; Fischverarbeitung	100 t Karpfen, außerdem Schleie, Zander, Hechte, Welse, Barsche	Getreidezufutter	35% der Gesamtkosten	regionale Getreidewirtschaften	Hofladen, LEH, Restaurant, Großhandel, Satz-fischerei	ca. -60 t/Jahr	ca. 25 t/Jahr (etwa 400 kg/Woche)	regionale TBKA, dann in BGA, für 5 ct/kg	Lagerung und Kühlung kleinerer Mengen möglich
N	Verarbeitungsbetrieb, keine eigene Produktion	ca. 2.500 t/Jahr Zu-kauf: dav. 50% Karpfen, Forellen, Saiblinge, Aale und 50% Meerestische	-	-	-	Großhandel, freie Fischhändler, LEH, Restaurants	ca. 2.000 t/Jahr	ca. 600-800 t/Jahr	zum Fischmehlwerk, 2-3 x pro Woche, für 5 ct/kg	Kühlraum und Lagerkapazität ausreichend vorhanden (0°C)
O	120 ha Teiche (naturnah) auf drei Standorten und 4.500 ha Seenfläche konventionell; Fischverarbeitung	25 t Karpfen, 25 t Forellen u. Ostsee-schnäpel (Erweiterung geplant), Edelflusskrebse	naturnahe Fütterung, außerdem Mischfutterpellets	ca. 35% der Gesamtkosten (1,20 €/kg)	Emsland-Aller Aqua (Golßen)	Großhandel, Restaurants, LEH	ca. 10-12 t im Ø des Jahres	ca. 5-6 t/Jahr mit steigender Tendenz (Plan: weitere 30 t dazu)	regionale TKBA für 10 ct/kg	keine Lagerkapazität, keine Kühlung, jetzt Biotonne
P	Kreislaufanlage (3-Modulanlage); Fischverarbeitung	250 t Afrikanische Welse (Plan: 1.000 t im Ø des Jahres)	Welsfutterpellets	1 €/kg (1,20-1,50 €/kg in Golßen)	Fa. Scretting (Bretagne)	Großhandel, LEH, Gastronomie, freie Fischhändler, Verarbeiter	250 t/Jahr	150 t/Jahr (60% der Lebendfischmenge)	daraus Herstellung von Fischsilage und Verfütterung an andere Tierart; ein Teil der Silage an Fischmehlwerk für 8 ct/kg	NP sofort zu Silage verarbeitet, Lagerung der Silage in Silos
Q	16 ha Naturteiche und 18 Fließkanäle; Fischverarbeitung	150 t Forellen, Saiblinge, Zander, Wildkarpfen	Forellenfutterpellets	ca. 40-50% der Gesamtkosten	Fa. Scretting (Bretagne)	regional im Umkreis von 100 km (Großhandel, LEH, Restaurants)	75 t/Jahr	ca. 15 t/Jahr (300 kg/Woche)	regionale TKBA, 1-2 mal/Woche abholt, für 9 ct/kg plus Anfahrt	Keine Lager-/Kühlkapazität
R	20 ha Naturteiche auf 5 Standorten, ökologische Erzeugung; Fischverarbeitung	150-200 t/Jahr Karpfen, Forellen, Zander, Störe (dav. 30 t zu Weihnacht.)	Forellenfutterpellets und Biofutter	30-40% der Gesamtkosten, ca. 2 €/kg, (übliches Futter kostet 1,30 €/kg)	Fa. Scretting (Bretagne, zertifiziert und genfrei)	LEH, Restaurants, eigene Schlachtung und Verarbeitung an anderem Standort, Erweiterung geplant	ca. 120-130 t pro Jahr	ca. 20-25 t/Jahr (pro Woche ca. 500 kg)	regionale TKBA für 6 ct/kg (wöchentliche Abholung)	genügend Platz für Lagerung und Kühlung

	Gewässerfläche und Betriebsart	Produktionsstruktur/jährliche Produktionsmengen	Futterstruktur	Futterkosten	Standort des Futtererzeugers	Vermarktung	Schlachtmenge	Nebenprodukte	Aktuelle Entsorgung	Lagerkapazität/Kühl.
S	Verarbeitungsbetrieb, keine eigene Produktion (aufgegeben)	ca. 2700 t/Jahr; Zukauf an Forellen, Lachsforellen und Karpfen	-	-	-	LEH, Großhandel, Restaurants, dav. ca. 90% auf Eis, ca. 8-10% geräuchert	ca. 50 t/Woche bzw. 2.500 t/Jahr	ca. 10 t/Woche Innereien, ca. 5 t Karkassen	Fischmehlwerk 1x pro Woche für 20 €/t: Karkassen in 600 l-Kübeln, Innereien in 5m ³ -Tanks	NP werden gekühlt, ausreichend Kapazität vorhanden
T	Konv. Teichwirtschaft, soll zunehmend auf ökol. Erzeugung umgestellt werden	80 t Forellen und Saiblinge, Karpfen, Hechte, Zander	Forellenfutterpellets und Biofutter	40 % der Gesamtkosten	Fa. Scretting (Bretagne) und Biomar (Dänemark)	95% lebend an Anglerverbände, Restaurants, LEH, viele Kunden in Holland	max. 0,5 t pro Woche bzw. 25 t/Jahr	wöchentliche Abholung (einschließl. tote Fische); ca. 10 t/Jahr	regionale TKBA; für 5 ct/kg (ca. 400-500 €/Jahr)	ausreichend vorhanden
U	Durchlaufanlage (aus Quellwasser); Fischverarbeitung	mind. 250 t Forellen und Saiblinge; 10-15 t Karpfen	Forellenfutterpellets (ca. 250t)	30% der Gesamtkosten, 1,40 €/kg für Hauptfutter, 1,80 €/kg für proteinreiches Futter	Fa. Scretting (Bretagne)	Wochenmarkt, Hofladen, LEH, Restaurants, Großhandel, Satzische	150-180 t/Jahr; dar. im Dez. ca. 35 t	ca. 50-55 t pro Jahr; wöchentliche Abholung, Lagerung der NP gekühlt	regionale TKBA; ca. 5 ct/kg	Kühlkapazität ausreichend vorhanden; Trennen von Schlachtabfällen und verendeten Fischen ist mögl.
V	Durchlaufanlage (aus Quellwasser); Fischverarbeitung	ca. 400 t Lachsforellen, Bachforellen, Saiblinge; 100-140 t Zukauf	Forellenfutterpellets (ca. 400 t)	40% der Gesamtkosten, 1,30-1,40 €/kg	Emsland-Aller Aqua, Fa. Scretting (Bretagne), Fa. Biomar (DK)	80-90% lebend an Großhandel, LEH, Restaurants	ca. 150 t/Jahr	ca. 40-50 t/Jahr; 300 kg verendete Fische pro Woche (ca. 15 t/Jahr)	regionaler Bioentsorger: ca. 10 ct/kg	Kühlkapazität ausreichend vorhanden
W	Durchlaufanlage (aus Quellwasser); Fischverarbeitung	ca. 400 t Lachsforellen, Bachforellen, Saiblinge; Zukauf Karpfen und Störe	Forellenfutterpellets (ca. 370 t)	40 % der Gesamtkosten	Fa. Scretting (Bretagne)	Großhandel, LEH, mehrere eigene Restaurants	ca. 280 t/Jahr	ca. 80-100 t/Jahr (1-1,5 t pro Woche); Lagerung der NP gekühlt	regionale TKBA; Abholung 2x pro Woche (mehrere Tonnen mit 240 l)	ausreichend vorhanden
X	Verarbeitungsbetrieb, keine eigene Produktion	ca. 3.000 t/Jahr, Zukauf an: Forellen, Karpfen, Saiblinge, Zander, Hechte; außer. Räucherfisch	-	-	-	Großhandel, LEH, Restaurants (Frischfisch und auf Eis)	ca. 1.500 t im Ø des Jahres	Ca. 600 t pro Jahr (Karkassen, Haut, Gräten); ca. 80 t Innereien (Rogen, Milch, Leber)	zum Fischmehlwerk mit Kühlcontainer 2-3x pro Woche; Innereien nach Tschechien verkauft	NP werden gekühlt, ausreichend Kapazität vorhanden
Y	200 ha Naturteiche, Fließkanäle, Fischverarbeitung und -handel	mind. 80 t/Jahr Forellen, Saiblinge, Karpfen, Zander, Hechte, Welse	Forellenfutterpellets und Getreidefutter	40 % der Gesamtkosten	überregionale Erzeug.: Biomar (DK), region. Getreidewirt.	Hofladen, Restaurants, LEH, Anglerverbände, Satzische	ca. 50 t/Jahr	ca. 20 t/Jahr (400 kg/Woche)	zum Fischmehlwerk für 5 ct/kg	Kühlkapazität ausreichend vorhanden

Anhang 8: Bereitschaft der befragten Unternehmen zur Silierung und/oder Pelletierung

	Gedanke neu oder vertraut	Bereitschaft chemische Silierung	Bereitschaft Futterpellet-Herstellung	Umsetzung allein, teilweise oder in Partnerschaft	Spezif. Zielstellung der Geschäftsleitung
A	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht und mit Kollegen darüber gesprochen	ja; sieht keine Probleme; ausreichend Kapazität dafür vorhanden	ja; würde sich auch vor Investitionen nicht scheuen	würde Verarbeitung mit befreundeten Unternehmen in Kooperation aufbauen; sich als Modellbetrieb zur Verfügung stellen	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft und Image des Betriebes sind wichtig
B	Thema schon lange verfolgt	ja	ja	vorerst als Alleinunternehmung ange-dacht	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft, besseres Image
C	noch nicht darüber nachgedacht	eher kein Interesse	kein Interesse	kein Interesse	-
D	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	nein	nein	würde Futterfische lagern und tiefkühlen und dem zentralen Verarbeiter bringen (oder abholen lassen)	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft
E	mit LA für Landwirt. und Fischerei am Thema gearbeitet (aus Geldgründen eingestellt)	ja	ja, prinzipiell an Technologie interessiert	vorerst als Alleinunternehmung ange-dacht	alle zugekauften Futtermittel ersetzen; Nachhaltigkeit; Kostenminimierung, höherer Gewinn
F	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht und mit Kollegen darüber gesprochen	ja; sieht keine Probleme; Kapazität dafür vorhanden	ja; würde sich auch vor Investitionen nicht scheuen;	würde Verarbeitung mit befreundeten Unternehmen in Kooperation aufbauen; muss sich rechnen	zweites Standbein; nachhaltige Produktion; Kreislaufwirtschaft, höherer Gewinn
G	neuer Gedanke	ja, wäre möglich, kein großer Aufwand	nein, eher nicht	zentrale Pelletserzeugung wäre besser	zweites Standbein, Kostenminimierung beim Futter
H	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	ja; mit Silierung NP sammeln ohne Kühlung (spart Energie!)	ja, prinzipiell möglich	Vorstellung, sich in der Region als zentraler Verarbeiter zu etablieren, ohne Koop.-partner	ökologischer Charakter; Kreislaufwirtschaft; besseres betriebliches Image
I	eher für Unternehmen, die selbst Futter kaufen müssen	würden NP sammeln und für Verarbeitung abgeben	nein	nein	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft

	Gedanke neu oder vertraut	Bereitschaft z. chemischen Silierung	Bereitschaft zur Herstellung von Futterpellets	Umsetzung allein, teilweise oder in Partnerschaft	spezifische Zielstellung der Geschäftsleitung
J	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	prinzipiell ja, aber nicht im eigenen Betrieb!	nein	zentrale Abholung und zentrale Pellets-erzeugung wäre besser	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft
K	noch nie Gedanken darüber gemacht, bisher läuft alles problemlos	ja, aber nur wenn deutlicher ökonomischer Vorteil; Silierung muss gut integrierbar sein	eher nicht, Sorge um Hygiene und Sauberkeit des Wassers, zentrale Pelletierung favorisiert	wenn umsetzbar, dann eher in Partnerschaft	ausschließlich ökonomisches Interesse daran
L	schon davon gehört	im Moment eher nicht (kein Personal, kein Geld), theoretisch ja	skeptisch wegen Futterqualität (benötigt sehr sauberes hochwertiges Futter)	wenig Partner in der Region, eher allein	wenn überhaupt, dann ausschließlich ökonomisches Interesse daran
M	großes Interesse, schon davon gehört, im Moment aber eher skeptisch	ja, wäre möglich, sieht keine Probleme	nein, Pellet-herstellung ist zu sensibel	eventuell in regionaler Kooperation	nachhaltige und umweltfreundliche Produktion; Kreislaufwirtschaft, Futterkosten sparen
N	Thema schon lange verfolgt und über Verarbeitung der NP nachgedacht	prinzipiell ja; Kapazität vorhanden; muss sich rechnen	eher nicht, weil Futterherstellung zu sensibel ist	eventuell in regionaler Kooperation	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft
O	mit Planung des eigenen Verarbeitungsunternehmens schon darüber nachgedacht	ja; sieht keine Probleme; Kapazität vorhanden	prinzipiell ja, aber nur wenn deutlicher ökonomischer Vorteil	eher allein im Rahmen der neuen Verarbeitung	nachhaltige Produktion, Kreislaufwirtschaft, Futterkosten sparen
P	Gedanke vertraut und Silierung bereits umgesetzt	wird schon durchgeführt	eher nicht, weil Futterherstellung zu sensibel ist	in regionaler Kooperation	Verwertung der NP als drittes Standbein, Futterkosten sparen
Q	kein Interesse an dieser Idee	im Betrieb soll alles so bleiben, wie es ist	kein Interesse	kein Interesse	-
R	großes Interesse, schon davon gehört, im Moment aber noch skeptisch	eventuell ja; sieht Probleme bei Virenübertragung, Studie dazu dringend notwendig	prinzipiell ja, sollte aber dezentral passieren; nur, wenn deutlicher ökonom. Vorteil	kann sich beides vorstellen	Verwertung der NP als drittes Standbein, Futterkosten sparen

	Gedanke neu oder vertraut	Bereitschaft zur chemischen Silierung	Bereitschaft zur Herstellung von Futterpellets	Umsetzung allein, teilweise oder in Partnerschaft	spezifische Zielstellung der Geschäftsleitung
S	Verarbeitung der NP in Form von Silierung /Trocknung selbst schon in Erwägung gezogen, viele BGAs in der Umgebung	Ziel muss professionelle Silierung sein – als zweites kleines Standbein, aber nur mit Innereien	nein, Pelletherstellung ist zu sensibel	Umsetzung allein, muss aber ökonomisch sein	nachhaltige und umweltfreundliche Produktion; Kreislaufwirtschaft
T	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht und mit Kollegen darüber gesprochen	ja; sieht keine Probleme; Kapazität dafür vorhanden	eher nein, aber Silage verkaufen z.B. an Futtermittelwerk als Gutschrift für neues Futter	eventuell über mobile Pelletsherstellung, d.h. LKW mit Pelletmaschine kommt in den Betrieb	Verwertung der NP als drittes Standbein, Futterkosten sparen
U	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	prinzipiell ja; NP können einige Tage kühl gelagert werden;	eher nein, Pelletherstellung ist zu sensibel	zentrale Pelletserzeugung wäre besser; muss ökonomisch sein	nachhaltige und umweltfreundliche Produktion; Kreislaufwirtschaft, Futterkosten sparen
V	noch nicht darüber nachgedacht, interessante Idee und einfach	prinzipiell ja, Kapazität zum Sammeln vorhanden	eher nein, Pelletherstellung ist zu sensibel	zentrale Pelletserzeugung wäre besser	Verwertung der NP als drittes Standbein, Futterkosten sparen
W	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	Prinzipiell ja; Kapazität dafür vorhanden	eher nein, Pelletherstellung ist zu sensibel	nur über zentrale Pelletserzeugung	nachhaltige und umweltfreundliche Produktion; Futterkosten sparen
X	Verarbeitung von NP ist altes Thema	nein; eher problematisch	eigene Futterpelletherstellung rechnet sich nicht	wenn realisierbar, dann mit regionalen Partnern	wenn überhaupt, dann ausschließlich ökonomisches Interesse daran
Y	schon oft über Verarbeitung der NP nachgedacht	prinzipiell ja; Kapazität dafür vorhanden	prinzipiell ja, aber nur, wenn deutlicher ökonomischer Vorteil	Umsetzung allein, muss aber ökonomisch sein	Verwertung der NP als drittes Standbein, Futterkosten sparen