

- GANDOLFI-HÖRNYOLD A., 1921: Determinacion de la edad en algunas anguilas plateadas (maresas) de la Albufera de Valencia. Ann. Inst. General. Tecn. Valencia Trab. Labor. Hidrob. espan. No. 11, 27pp.  
1930: Recherches sur l'age, la croissance et la sexe de la petite Anguille argentée du lac de Tunis. Bull. Stat. oceanogr. Salambo 17, 1-50.  
1934: Observation sur la taille et la sexe deux cents petites anguilles argentées des Valli de Comarcchio. Bull. Soc. centr. Agricult. Peche 4-6, 8pp.
- GEMZE K. J., 1906: Age and rate of growth of the eel. Rept. Dan. Biol. Sta. 14, 10-39.
- HAEMPEL O. & NERESHEIMER E., 1914: Über Altersbestimmung und Wachstum des Aales. Z. Fisch. 14, 265-285.
- HOHENDORF K., 1966: Eine Diskussion der Bertalanffy – Funktionen und ihre Anwendung zur Charakterisierung des Wachstums von Fischen. Kieler Meeresforsch. 22, 70-97
- LEA E., 1910: On the methods used in herring investigations. Publs. Circonst. Cons. perm. int. Explor. Mer 53, 7-25.
- MaB-Bericht 1977: Facultas Verlag, 150pp.
- MARCUS K. & SMOLIAN K., 1920: in SMOLIAN K.: Merkbuch der Binnenfischerei, Radebeul-Berlin, 2.Bd.
- MIKA F. & BREUER G., 1928: Der Neusiedlersee vom Standpunkt der Fischereiwirtschaft. Arch. Bala-tonic. II, 121-131.
- PENAZ M. & TESCH F.-W., 1970: Geschlechtsverhältnis und Wachstum beim Aal (*Anguilla anguilla*) an verschiedenen Lokalitäten von Nordsee und Elbe. Ber. Dtsch. wiss. Komm. Meeresf. 21, 290-310.
- SAUERZOPF F. & HOFBAUER E., 1959: Fische und Fischerei im Neusiedlersee. Wiss. Arb. Bgd. 23, 195-201.
- SINHA V. R. P. & JONES J. W., 1966: On the sex and distribution of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). J. Zool. Lond. 150, 371-385.  
1967: On the age and growth of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). J. Zool. Lond. 153, 99-117
- TESCH F.-W., 1973: Der Aal, Biologie und Fischerei. Paul Parey, Hamburg-Berlin, 306pp.
- VARGA L. & MIKA F., 1937: Die jüngsten Katastrophen des Neusiedlersees und ihre Einwirkungen auf den Fischbestand des Sees. Arch. Hydrobiol. 31, 527-546.
- WUNDSCH H.H., 1949-1951: Abhandlungen aus der Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Radebeul-Berlin, 1949-51.

Dipl.-Biol. Bernd Vens-Capell, Wöllershof und Prof. Dr. Hans-Joachim Horstmann, Institut für Physiologische Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Wasserturmstraße 5

(Aus dem Teichwirtschaftlichen Beispielsbetrieb Wöllershof des Bezirks Oberpfalz/Bayern)

# Untersuchung über die Eignung des Krillmehls als Ersatz für Fischmehl im Trockenmischfutter für Forellen

## 1. Einleitung

Im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Nutztieren sind Fische, insbesondere Forellen, auf einen hohen Rohproteingehalt von 30-50% in ihrem Futter angewiesen. Darüber hinaus muß ein großer Anteil dieses Rohproteins hochwertiges tierisches Eiweiß sein. Dagegen benötigen Schweine oder Geflügel im Futter nur ca. 15 bzw. 18% Rohprotein, das überwiegend pflanzlicher Herkunft sein kann. Die teuerste und wegen ihres hohen Gehaltes an essentiellen Aminosäuren wertvollste Komponente im Fischfutter ist das Fischmehl, von dem 20-40% in den meisten kommerziellen Rezepturen enthalten sind. Die aus ernährungsphysiologischen Gründen erforderliche hohe Qualität der Komponenten des Fischfutters könnte die Ursache dafür sein, daß die intensive Fischzucht als erste von allen Formen landwirtschaftlicher Veredelungswirtschaft unrentabel wird, falls die Futterkosten infolge einer weltweiten Verknappung hochwertiger Eiweißkomponenten weiter ansteigen. Eine derartige Entwicklung könnte durch die Verknappung der für die menschliche Ernährung bestimmten

\*) Die Untersuchung ist Bestandteil einer Dissertation, die im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg angefertigt wird.

Eiweißträger beschleunigt werden, da hierdurch eine Nachfrage nach „minderwertigen“ Komponenten entsteht, die bislang nur über den Umweg der Tierveredelung der menschlichen Ernährung zugute kamen. Am Beispiel der Weltfischmehlproduktion lassen sich derartige Tendenzen bereits ablesen.

Nachdem in den vergangenen Jahrzehnten die Weltfischereierträge mit hohen Wachstumsraten stetig anstiegen, kam es erstmals 1970 zu einer Stagnation. Das 1970 erreichte Niveau der Fänge mit 70,0 mio t konnte 1971 (70,9 mio t) nicht mehr wesentlich gesteigert werden. 1972 sanken die Weltfischereierträge sogar auf 66,2 mio t ab und konnten bis 1975 wohl nur durch den Einsatz einer immer aufwendigeren Fangtechnik wieder auf knapp 70 mio t, also auf das Niveau von 1970, angehoben werden. Der für industrielle Zwecke, u. a. für die Fischmehlproduktion verwendete Anteil an den Erträgen sank von 1970 bis 1975 von 37,9% auf 30,1 oder, in absoluten Zahlen ausgedrückt, von 26,5 mio t auf 21,0 mio t ab (1).

Auch der wirtschaftliche Laie kann leicht einsehen, daß eine solche Entwicklung zu einem kräftigen Preisauftrieb des Fischmehls führen mußte. In welchem Maße die Produktionskosten für Forellen gestiegen sind, weiß jeder Forellenzüchter aus eigener Erfahrung.

Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, das Fischmehl im Trockenmischfutter durch billigere Komponenten ganz oder teilweise zu ersetzen (2, 3, 4). Dabei kommen vor allem solche Komponenten in Frage, die nur indirekt der menschlichen Ernährung dienen können. Zu denken ist vor allem an Komponenten, die als Abfälle landwirtschaftlicher oder industrieller Produktion über die Tierveredelung rezykliert werden können. Geeignet sind ferner pflanzliche Komponenten, für die von vornherein eine geringe Nachfrage seitens der Humanernährung zu erwarten ist.

**Tabelle 1:** Zusammensetzung der Testdiäten im Fütterungsversuch in Aquarien.  
Alle Angaben in Prozent des Frischgewichtes.

Futtertyp	FM I	FM II	KM
<b>Futterkomponenten:</b>			
Fischmehl	71,94	71,94	—
Krillmehl	—	—	73,90
Kartoffelstärke	24,59	24,59	21,35
Vitaminvormischung	0,1	0,1	0,1
Mineralstoff-Vormischung	2,0	2,0	2,0
Pflanzenöl	1,37	1,37	2,65
<b>Chemische Zusammensetzung:</b>			
Wassergehalt	10,1	7,0	7,5
Rohfett	9,6	9,1	11,2
Rohprotein (Kjeldahl)	45,3	49,4	45,2
Asche	12,8	12,5	12,6
Rest-Kohlenhydrate	22,2	22,0	23,5

Ob die notwendigen ökonomischen Voraussetzungen für den Einsatz des Krillmehls als Futtermittelkomponente erfüllbar sind, kann erst die Zukunft zeigen. Es werden wahrscheinlich keine prinzipiellen ernährungsphysiologischen Gründe, sondern eher die konservativen menschlichen Ernährungsgewohnheiten sein, die dazu führen könnten, daß ein größerer Anteil der künftigen Krillertträge nur über den Umweg der Tierveredelung der menschlichen Ernährung zugänglich gemacht werden kann.

Der Krill oder Walkrebs (*Euphausia superba* DANA) diene den Walen der antarktischen Regionen als Nahrung. Infolge der Dezimierung der Wale konnten sich riesige Bestände von Krill sammeln, die bislang kaum befischt werden. Von ihrem Fang erhofft man sich eine Verdoppelung des Ertrages an Nahrungseiweiß aus dem Meer. 1975/76 fand eine erste deutsche Krillexpedition in die Antarktis statt, auf der u. a. die Lebensbedingungen sowie die Fang- und Verwendungsmöglichkeiten des Krills erforscht werden sollten (5, 6).

Ein Teil der Probefänge wurde an Bord zu Krillmehl verarbeitet, das dann an verschiedene Institute verteilt wurde, damit seine Verwendungsmöglichkeit als Futtermittelkomponente untersucht werden konnte.\*\*) Erste Ergebnisse über die Zusammensetzung des Krills und die Möglichkeiten seines Einsatzes in der Fischernahrung wurden bereits mitgeteilt oder sind angekündigt (7, 8, 9, 10).

Am Teichwirtschaftlichen Beispielsbetrieb Wöllershof wurden zwei Fütterungsversuche durchgeführt, in denen der nutritive Wert des Krillmehls im Vergleich zum Fischmehl getestet werden sollte. Dabei ging es vor allem um die Frage, ob und in welchem Maße Krillmehl geeignet ist, das Fischmehl in der Rezeptur für Forellenfuttermittel zu ersetzen.

In einem ersten Versuch sollte der nutritive Wert von reinen Proteinkomponenten untersucht werden. In diesem Zusammenhang wurden 3 Testdiäten gemischt, die Krillmehl bzw. zwei verschiedene Chargen von Perufischmehl als einzige Eiweißträger enthielten. Dieser Versuch wurde unter genau kontrollierten Bedingungen in Durchflußaquarien durchgeführt.

Ziel des zweiten Versuches war es, zu untersuchen, ob die Erkenntnisse, die aus dem ersten Fütterungsversuch in Aquarien gewonnen wurden, auf die Verhältnisse der praktischen Forellenfütterung übertragbar sind. Zu diesem Zweck wurde das Fischmehl in zwei kommerziellen Forellenfuttermischungen gewichtsäquivalent durch Krillmehl ersetzt. In einem Fütterungsversuch in Netzgehegen wurde der Fütterungsfolg dieser Krillmehlrezepturen mit dem der Originalrezepturen verglichen.

**Tabelle 2:** Zusammensetzung des Krillmehls  
(Alle Angaben in Gewichtsprozent)

	eigene Analyse	LÖRZ et al. (8)
Wassergehalt	8,2	9,2
Rohprotein (Kjeldahl)	60,9	56,6
Rohfett (Ätherextrakt)	10,0	10,7
Rohfaser	5,5	7,3
Rohasche	14,9	15,0
N-Freie Extraktstoffe	0,5	1,3
Reinprotein <sup>1)</sup>	51,1	
Chitin <sup>2)</sup>	2,7	
Lipide <sup>3)</sup>	12,6	

1) aus der Aminosäure-Analyse nach Hydrolyse der fettfreien Trockensubstanz ermittelt,

2) aus dem Gehalt an Glucosamin im Hydrolysat errechnet,

3) aus dem Gewicht des Rückstandes des Chloroform-Methanol-Extraktes des Krillmehles ermittelt.

\*\*\*) In diesem Zusammenhang möchten wir Herrn Prof. Schreiber, Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg, herzlich für die Überlassung des Materials danken.

## 2. Material und Methoden

### 2. 1. Zusammensetzung der Testfutter

Für den ersten Versuch wurden 3 Testdiäten auf der Basis nur einer Eiweißkomponente gemischt:

Diät FM I enthielt Perufischmehl mit einem Rohproteingehalt von 62,6% (garantiert waren 64%).

Diät FM II enthielt eine andere Charge des Perufischmehls vom gleichen Importeur mit einem Rohproteingehalt von 68% (garantiert waren 64%).

Diät KM enthielt Krillmehl als einzige eiweißhaltige Komponente; ihr Rohproteingehalt war 60,9%.

Die Konzentration der Eiweißträger im Futter wurde im Falle der Diäten FM I und KM so gewählt, daß ein Rohproteingehalt von 45% in der Testdiät resultierte. In der Diät FM II wurde das Fischmehl in der gleichen Konzentration wie in der Diät FM I eingemischt. Alle Diäten wurden auf 10% Rohfett mit Pflanzenöl aufgefettet. Als Trägerstoff diente stickstofffreie Kartoffelstärke. Die genaue Zusammensetzung der Testdiäten kann der Tab. 1

**Tabelle 3:** Aminosäure-Zusammensetzung und Proteingehalt der Testdiäten FM I, FM II, und KM sowie des Krillmehls.

	FM I	FM II	KM	Krillmehl
Protein (% vom Feuchtgewicht)	33,9	37,8	32,8	51,1
Aminosäure-Zusammensetzung (% Aminosäure-Rest vom Proteingewicht)				
Asparaginsäure	10,6	10,8	11,2	11,3
Threonin	4,8	5,0	4,8	4,7
Serin	3,8	4,0	4,1	4,6
Glutaminsäure	16,1	16,6	15,5	16,1
Prolin	4,3	4,3	4,7	4,3
Glycin	6,3	6,0	5,4	4,8
Alanin	7,2	6,3	6,2	5,4
Cystein	nb	nb	nb	0,6
Valin	4,9	5,2	5,6	4,8
Methionin	3,4	2,3	3,0	3,1
Isoleucin	4,9	4,4	6,1	5,2
Leucin	9,7	9,0	7,9	8,5
Tyrosin	3,5	2,6	4,3	4,4
Phenylalanin	4,7	4,6	5,1	4,5
Lysin	7,1	11,0	7,5	7,7
Histidin	1,8	2,3	1,9	2,3
Arginin	6,8	5,6	6,6	7,0
Tryptophan	nb	nb	nb	0,5

nb = nicht bestimmt

Das Protein wurde bestimmt als die Summe der Gewichte aller im Hydrolysat der Probe vorhandenen Aminosäuren abzüglich des Peptidbindungs-Wassers.

entnommen werden. Jeder Diät wurde 0,3% Chrom III-oxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) als inerter Indikator für die Bestimmung der Verdaulichkeit zugesetzt. Alle Testdiäten wurden in Pellets mit einem Durchmesser von 3 mm gepreßt. Für den zweiten Fütterungsversuch, in Netzgehegen durch-

geführt, wurde in dem als FM 25 bezeichneten kommerziellen Fischfutter 25% und in dem als FM 17 bezeichneten Futter 17% Fischmehl durch Krillmehl ersetzt. Hinsichtlich der Konzentrationen der übrigen Komponenten waren die Krillmehlvarianten (KM 25 und KM 17) identisch mit den entsprechenden Originalrezepturen (Tab. 4).

**Tabelle 4:** Zusammensetzung der kommerziellen Testfuttermittel und ihrer Krillvarianten und die Ergebnisse des Fütterungsversuches in Netzgehegen.

Futter		FM 25	KM 25	FM 17	KM 17
Feuchtigkeit	%	7,7	8,0	8,4	8,8
Rohfett	%	8,5	8,4	9,1	9,1
Rohasche	%	8,5	9,1	11,0	11,0
Rohprotein	%	49,2	47,7	34,7	35,8
Rohfaser	%	4,9	5,5	5,8	6,6
N-freie Extraktstoffe	%	21,2	21,3	31,0	28,7
Besatz/Gehege		3680	3680	1100	1100
Verluste	%	3,5	9,1	1,8	2,3
mittleres Startgewicht (g)		35,9	35,9	100	100
mittleres Endgewicht (g)		141	122	229	235
FQ		1,66	1,93	2,44	2,42
PER		1,22	1,09	1,18	1,15

Anmerkung: Versuchszeitraum FM 25 und KM 25: 11.6.-6.9.1977; FM 17 und KM 17 11.6.-19.8.1977,  
 FQ = Futterquotient  
 PER = Proteinwirkungsverhältnis

## 2. 2. Haltung

Die Aufzucht der Fische wurde im ersten Fütterungsversuch in Aquarien mit 180 l Fassungsvermögen durchgeführt. Die Aquarien wurden mit Quellwasser (Durchfluß 1 l/min) gespeist. Zusätzlich wurden die Aquarien belüftet. Das Wasser wurde auf 15°C + 0,5°C temperiert. Für jeden Futtertyp wurden 2 Aquarien mit je 20 Forellen gleicher Herkunft und einem durchschnittlichen Stückgewicht von 61 g besetzt. Bis zu Ende des 86 Tage-dauernden Versuches mußte der Besatz auf 14 Stück reduziert werden, da die Fischmasse in Aquarien dieser Größe erfahrungsgemäß nicht 2,3 kg überschreiten soll. Der Sauerstoffgehalt des Wassers wurde in Stichproben überprüft und unterschritt zu keinem Zeitpunkt 70% Sättigung (= 7,4 mg O<sub>2</sub>/l). Die Fische wurden in meist wöchentlichen Abständen gewogen. An 5 Wiegetagen wurden Kotproben entnommen. Zu diesem Zweck wurden die Fische mit 1,1,1-Trichlor-2-methyl-2-propanol betäubt und vorsichtig abgetrocknet. Durch leichtes Streichen mit Daumen und Zeigefinger längs der Seitenlinie wurde der Harn abgestrichen, um eine Vermischung mit dem Kot zu verhindern. Anschließend wurde der Kot aus den letzten 1-2 cm des Enddarm abgestrichen. Der Kot der Fische aus einem Becken wurde jeweils zusammengefaßt und bei 75°C und 20 Torr getrocknet. Die Fische überstanden die Kotentnahme gut, was sich vor allem darin äußerte, daß sie zwei Stunden später wieder fraßen. Gefüttert wurde 3 x täglich restriktiv. Die täglich gebotene Futtermenge betrug 1,4% der jeweiligen Fischmasse.

Für den Fütterungsversuch in Netzgehegen<sup>\*\*\*</sup>) standen nicht genug Fische gleicher Herkunft zur Verfügung, um den Versuch mit Wiederholungen durchzuführen. Die Netzgehege hatten einen Nutzraum von ca. 50 m<sup>3</sup>. Im Fütterungsversuch mit den Diäten FM 25 und KM 25 wurde je ein Gehege mit 3680 Forellen gleicher Herkunft und einem durchschnittlichen Stückgewicht von 35,9 g besetzt. Zwei andere Gehege, in denen die Diäten FM 17 und KM 17 gefüttert wurden, wurden mit 1100 Forellen gleicher Herkunft mit einem Durchschnittsstückgewicht von 100 g besetzt. Die Fische wurden mit automatischen Selbstfütterern (Pendelautomaten) gefüttert, die 2-3 mal wöchentlich aufgefüllt wurden. Erste Anzeichen von Furunkulose wurden 6 Wochen nach Versuchsbeginn durch Zusatz von 1 g Bela-Nifurprazine pro kg Futter bekämpft. Pro Gehege wurden 25 kg Medizinalfutter verabreicht.

Die Netzgehege befanden sich in einem Stausee, der infolge des Schwellbetriebes täglich gut durchmischt wurde. Der Sauerstoffgehalt schwankte nach den in Stichproben durchgeführten Messungen zwischen 5,5 und 11 mg O<sub>2</sub>/l.

### 2. 3. Analysen

Die Analysen der Rohnährstoffe erfolgten nach dem Schema der Weender Nährstoffanalyse (11, 12, 13, 14, 15). Der Gehalt an „Rohprotein“ wurde aus dem nach Kjeldahl bestimmten Stickstoffgehalt der Proben errechnet, wobei der Multiplikationsfaktor 6,25 verwendet wurde. Der wahre Proteingehalt („Reinprotein“) der Proben wurde aus der Aminosäure-Zusammensetzung ermittelt. Hierzu wurden die fettfreien und getrockneten Proben fein gemahlen und mit 6 N Salzsäure oder 4 N Methansulfonsäure bei 105°C unter Stickstoff 24 h oder 72 h hydrolysiert. Die Aminosäuren wurden mit einem automatischen Aminosäure-Analysator bestimmt. Der Proteingehalt einer Probe ergibt sich als Summe der Gewichte der im Protein vorhandenen Aminosäure-Reste.

Der Chitingehalt des Krillmehls wurde aus dem Gehalt des bei der Hydrolyse aus Poly-N-Acetylglucosamin entstehenden Glucosamin berechnet. (nmol Glucosamin x 0,203 = µg Chitin in der Probe.)

Die Verdaulichkeit (Verdauungskoeffizient) wurde durch die Konzentrationszunahme des inerten Indikators Chrom (III)-oxid im Kot (Indikatormethode) nach der folgenden Formel berechnet:

$$D\% = 100 \left( 1 - \frac{C_{CrF}}{C_{CrK}} \cdot \frac{C_{NK}}{C_{NF}} \right), \text{ wobei } D \text{ die Verdaulichkeit in } \%, C_{CrF} \text{ und } C_{CrK} \text{ den}$$

Chromoxidgehalt im Futter bzw. im Kot und C<sub>NF</sub> und C<sub>NK</sub> den Gehalt der fraglichen Nährstoffkomponente (in diesem Fall Roh- bzw. Reinprotein) im Futter bzw. Kot bedeuten (16,17). Das Chromoxid wurde nach nasser Veraschung und Oxidation zu Chromat (18) mit Diphenylcarbazid (19) bestimmt.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3. 1. Zusammensetzung des Krillmehls

In der Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Rohnährstoffanalyse des Krillmehls aufgelistet und den von LÖRZ et al. (8) mitgeteilten Werten gegenübergestellt. Größere Abweichungen treten nur beim Rohprotein auf, doch wurde bereits von LÖRZ et al. darauf hingewiesen, daß der Rohproteingehalt bei den einzelnen Chargen des Krillmehls recht unterschiedlich sein kann.

\*\*\*) Für die Überlassung der Gehege und der Fische sowie für die Übernahme der Fütterungskosten sind wir Herrn Bechtel, Waldmünchen, und Herrn Hölztl, Vohenstrauß, zu großem Dank verpflichtet.

Bei der Beurteilung des Rohproteingehaltes des Krillmehls ist zu berücksichtigen, daß das Chitin des Krillpanzers Stickstoff enthält, der nach der Kjeldahl-Methode der Rohproteinbestimmung miterfaßt wird. In der Krillmehldiät KM wurde ein Chitingehalt von 1,8% gefunden; im Krillmehl selbst betrug der Chitingehalt 2,7%.

### 3. 2. Zusammensetzung der Testdiäten

Der Tabelle 1 kann entnommen werden, daß die Diäten – abgesehen vom höheren Rohproteingehalt der Diät FM II – in bezug auf die Rohnährstoffe annähernd gleich zusammengesetzt sind. Entscheidender als die Übereinstimmung des Rohnährstoffgehaltes ist für die Prognose des nutritiven Wertes der Testdiäten ihr Gehalt an Protein und ihre Aminosäure-Zusammensetzung. Aus Tabelle 3 ist zu ersehen, daß die Testdiäten einen annähernd gleichen Proteingehalt besitzen.

Darüber hinaus erkennt man, daß die 3 Diäten ein hohes Maß an Übereinstimmung hinsichtlich ihres Aminosäuremusters (ausgedrückt als der prozentuale Anteil der einzelnen Aminosäuren am Protein) aufweisen. Da in den Testdiäten jeweils nur eine Eiweißkomponente enthalten ist, ist ihr Aminosäuremuster identisch mit dem der Eiweißkomponenten.

Im Rahmen der Genauigkeit der Methode und angesichts der geringen Zahl der Stichproben darf man folgern, daß keine augenfälligen Unterschiede zwischen dem Aminosäuremuster des Perufischmehls und dem des Krillmehls bestehen. Aufgrund dieses Befundes kann man erwarten, daß das Eiweiß von Krillmehl und Perufischmehl im biologischen Test einen ähnlichen nutritiven Wert besitzen.

Der Rohnährstoffgehalt der kommerziellen Testfutter und ihrer Krillmehlvarianten kann der Tabelle 4 entnommen werden. Der Rohfasergehalt der Krillmehl-haltigen Futter fällt infolge des hohen Rohfasergehaltes im Krillmehl deutlich höher als in den Originalrezepturen von 6%.

### 3. 3. Verdaulichkeit des Proteins

Ein wichtiger wertbestimmender Parameter für den nutritiven Wert von Proteinkomponenten ist ihre Verdaulichkeit, denn naturgemäß können nur jene Nährstoffe zum Ansatz im Tierkörper führen, die auch tatsächlich vom Darm resorbiert werden. Die Bestimmung der Verdaulichkeit des Rohproteins ist nicht unproblematisch, da in die intestinale Eiweiß- bzw. Stickstoffbilanz nicht nur das Nahrungseiweiß und dessen nicht verdauter und mit dem Kot ausgeschiedener Anteil eingehen, sondern auch Protein bzw. Stickstoff endogener Herkunft (20). Die „scheinbare“ Verdaulichkeit ist um so niedriger, je geringer die Proteinkonzentration im Futter ist, da mit abnehmendem Proteingehalt im Futter der relative Anteil des endogenen Proteins am gesamten im Kote ausgeschiedenen Eiweiß immer größer wird.

Dieser Sachverhalt zwingt zu großer Vorsicht bei der Interpretation der Verdauungskoeffizienten von Eiweiß bei landwirtschaftlichen Nutztieren (21). Im Fischfutter ist der Rohproteingehalt 2-3 mal so hoch wie im Futter für landwirtschaftliche Nutztiere. Infolgedessen ist auch der Anteil des endogenen Kotstickstoffes am Gesamtstickstoff im Kot kleiner. Untersuchungen an der Forelle haben ergeben, daß die Unterschiede zwischen „scheinbarer“ und wahrer Verdaulichkeit des Rohproteins oberhalb eines Rohproteingehaltes von 30% nur noch 1-2% betragen (22). Für die meisten praktischen Belange darf daher die „scheinbare“ Verdaulichkeit des Rohproteins bei Forellen als hinreichend genaues Maß auch für die „wahre“ Verdaulichkeit betrachtet werden.

Die Ergebnisse der Bestimmung der Verdaulichkeit des über den Stickstoff-Gehalt ermittelten Rohproteins und des aus der Aminosäure-Analyse errechneten Proteins sind in Tabelle 5 aufgelistet. Die Verdaulichkeit des Rohproteins in der Diät FM II ist signifikant

**Tabelle 5:** Bestimmung der Verdaulichkeit des Rohproteins und des Reinproteins in den Diäten FM I, FM II und KM während des Fütterungsversuches in Aquarien.

Futter	FM II		FM I		KM	
Becken-Nr.	7	17	4	14	5	15
Verdaulichkeit des Rohproteins (Kjeldahl-N) %	89,2	88,9	86,7	85,5	87,0	86,9
Mittelwert der Verdauungskoeffizienten %	89,05 <sub>b1)</sub>		86,10 <sub>a1)</sub>		86,95 <sub>a1)</sub>	
Verdaulichkeit des Proteins (Summe der Aminosäurereste) %	92,4	90,8	91,4	nb	91,6	nb
Mittelwert der Verdauungskoeffizienten %	91,6		91,4		91,6	

Anmerkung: 1) Verschiedene Indizes (a oder b) bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten (Irrtumswahrscheinlichkeit = 5%).

höher als in den beiden anderen Diäten. Solche Unterschiede sind bei verschiedenen Komponenten zu erwarten. Sie sind im speziellen Fall für die praktische Rezeptur ohne Belang. Wegen des hohen Arbeitsaufwandes wurde die scheinbare Verdaulichkeit des Proteins nur im Fall der Diät FM II in beiden Parallel-Aquarien (7 und 17) bestimmt. Die hierbei erhaltenen Werte stimmen gut überein. Es kann daher angenommen werden, daß auch die nur einfach bestimmten Verdauungskoeffizienten für FM I und KM verlässlich sind. Wie die Tabelle zeigt, sind die Verdauungskoeffizienten für das Protein in den drei Testdiäten praktisch gleich, sie betragen 91,4 bis 91,6%.

#### 3. 4. Futterverwertung der Testdiäten

Die Ergebnisse des Fütterungsversuches mit den Diäten FM II, FM I und KM in Aquarien können der Tabelle 6 entnommen werden. Der Futterquotient (= kg Futter / kg Zuwachs) der Krillmehldiät liegt zwischen denen der beiden Fischmehldiäten. Der Unterschied zwischen den beiden Fischmehldiäten beträgt relativ 17% und ist signifikant. Die Qualitätsunterschiede der beiden Chargen Fischmehl, insbesondere ihr unterschiedlicher Rohproteingehalt, wirken sich deutlich auf die Futterverwertung der mit ihnen hergestellten Diäten aus. Wegen des höheren Rohproteingehaltes der Diät FM II ist der Futterquotient ein inadäquates Kriterium, wenn es darum geht, die qualitativen Unterschiede des Eiweißes zu charakterisieren. Durch die Berechnung des Proteinwirkungsverhältnisses kann man annähernd die Differenz in der Futterverwertung eliminieren, die auf die quantitativen Unterschiede im Rohproteingehalt zurückzuführen sind. Das Proteinwirkungsverhältnis (PER) ist definiert als kg Zuwachs pro Fütterung von 1 kg Rohprotein. Wird die Futterverwertung als PER ausgedrückt, verringern sich die relativen Unterschiede in der Proteinverwertung der beiden Fischmehldiäten auf 9%. Das Krillprotein erweist sich als das wirksamste. Die Proteinverwertung der Diäten FM II und KM ist nicht signifikant verschieden, die von FM I ist signifikant den beiden anderen Diäten unterlegen.

Streng genommen ist der PER nur in Diäten vergleichbar, die in bezug auf alle anderen Komponenten völlig gleich zusammengesetzt sind. Insbesondere muß das Eiweiß-Energieverhältnis gleich sein. Diese Voraussetzung kann bei Fütterungsversuchen mit nicht gereinigten Komponenten nur annähernd erfüllt werden, da mit dem Austausch einer Komponente

Tabelle 6: Ergebnisse des Fütterungsversuches in Aquarien (26.8. - 20.11.1976)

Diät	FM II		FM I		KM	
	7	17	4	14	5	15
Becken-Nr.						
Zuwachs (kg)	1.829	1.982	1.441	1.442	1.717	1.649
Futterraufwand (kg)	2.171	2.224	1.990	1.981	2.093	2.050
FQ	1.187	1.122	1.381	1.374	1.219	1.243
$\overline{FQ}$	1,15	a1)	1,38	b1)	1,23	a1)
PER	1.705	1.804	1.598	1.607	1.815	1.780
$\overline{PER}$	1,75	c2)	1,60	d2)	1,80	c2)

Anmerkung: FQ = Futterquotient (kg Futterraufwand / kg Zuwachs);  $\overline{FQ}$  = Mittelwert der Futterquotienten der Wiederholungsbestimmungen; PER = Proteinwirkungsverhältnis (kg Zuwachs / kg Proteinverzehr);  $\overline{PER}$  = Mittelwert der PER.

- 1) Die Mittelwerte der Futterquotienten mit verschiedenen Indizes (a oder b) sind voneinander signifikant verschieden (Irrtumswahrscheinlichkeit = 5 %).
- 2) Die Mittelwerte der Proteinwirkungsverhältnisse mit verschiedenen Indizes (c. d.) sind signifikant voneinander verschieden (Irrtumswahrscheinlichkeit = 5 %).

gegen eine andere stets mehrere voneinander abhängige Parameter variiert werden. Vor allem bereitet die Bestimmung der umsetzbaren Energie von Futtern bei Fischen große methodische Schwierigkeiten (23, 24). Diesbezügliche Angaben stützen sich meist auf die mehr oder minder begründete Annahme von kalorischen Äquivalenten für die Rohnährstoffe (25). Da alle Diäten sowohl in bezug auf ihre Komponenten wie auf ihren Gehalt an Rohnährstoffen annähernd gleich zusammengesetzt sind, kann man jedoch davon ausgehen, daß die Qualität des Proteins in den Diäten der limitierende Faktor für ihre Verwertbarkeit ist.

Aus den bisherigen Ergebnissen ist zu ersehen, daß Krillmehl und Perufischmehl ein hohes Maß an Übereinstimmung hinsichtlich ihrer Zusammensetzung an Nährstoffen (insbesondere ihrer Aminosäurezusammensetzung), ihrer Verdaulichkeit und ihrer Futterverwertung (in gleichartig zusammengesetzten Testdiäten) zeigen. Es war daher zu vermuten, daß die Umstellung bereits erprobter Rezepturen auf Krillmehlbasis zu keiner nennenswerten Veränderung des nutritiven Wertes führen würde. Diese Hypothese wurde im zweiten Fütterungsversuch in Netzgehegen untersucht. In den beiden kommerziellen Futtermitteln FM 25 und FM 17 wurde das Fischmehl einfach gewichtsäquivalent durch Krillmehl ersetzt. Die Ergebnisse dieses Versuches können der Tabelle 4 entnommen werden.

Der Futterquotient der Diäten FM 17 und KM 17 ist mit 2,44 bzw. 2,42 sehr hoch. Für die schlechte Futterverwertung kann jedoch nicht die Qualität der Futtermischungen allein verantwortlich gemacht werden, da in einem parallel durchgeführten Versuch mit anderen kommerziellen Futtermitteln in allen Fällen die Futterquotienten in dem Bereich von 2,2 bis 2,4 lagen. Die Ursache für die mangelhafte Futterverwertung dürfte in den sommerlichen Milieuverhältnissen mit einer Durchschnittstemperatur von 18°C und starken Sauerstoffschwankungen im Tag-Nacht-Rhythmus zu suchen sein.

Die Krillmehlvariante KM 17 unterscheidet sich in ihrem Futterquotienten nur unwesentlich vom Originalfutter FM 17. Das Proteinwirkungsverhältnis (PER) des Fischmehlfutters FM 17 ist mit 1,18 geringfügig besser als das der Krillmehlvariante KM 17 mit einem PER von 1,15. Die Unterschiede zwischen beiden Diäten sind jedoch so gering, daß sie im Bereich zufälliger Schwankungen liegen dürften.

Die Futterquotienten der Diäten FM 25 und KM 25 fielen mit 1,66 bzw. 1,93 etwas besser aus als bei den Diäten FM 17 und KM 17. Der Vergleich der PER-Werte zeigt jedoch, daß die bessere Futterverwertung von FM 17 und KM 17 auf den höheren Proteingehalt zurückzuführen ist. Bezieht man den Zuwachs auf die Proteinaufnahme, so zeigt sich, daß der Zuwachs pro kg Proteinaufnahme (PER) bei den Diäten FM 25 (= 1,22) und KM 25 (=1,09) im Mittel nur geringfügig von dem der Diäten FM 17 und KM 17 abweicht. Der Vergleich zwischen den beiden Futtertypen ist allerdings nur bedingt möglich, da die Diäten FM 25 und KM 25 an Fische mit einem geringeren Stückgewicht verfüttert wurden, bei denen die Futterverwertung stets etwas besser ist.

Bei den Diäten FM 25 und KM 25 erwies sich die Krillmehlvariante gegenüber dem Originalfutter als unterlegen. Das Proteinwirkungsverhältnis (PER) der Diät FM 25 (= 1,22) ist im Vergleich zu dem der Krillmehlvariante KM 25 um relativ 12% höher. Die schlechtere Futterverwertung der Krilldiät ist jedoch zum Teil auf die höhere Verlustrate in dem entsprechenden Gehege zurückzuführen, die mit 9,1% sehr viel höher lag als in allen anderen Gehegen. Da keine Wiederholungen durchgeführt wurden, kann nicht entschieden werden, ob ein Kausalzusammenhang zwischen den Verlusten und der Diät besteht. Aus dem gleichen Grund kann auch nicht ermittelt werden, welcher Anteil an der schlechteren Verwertung der Krilldiät auf die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Futters, welcher auf den schlechteren Gesundheitszustand der Fische und welcher Anteil auf das Zusammentreffen beider Faktoren zurückzuführen ist. Man darf jedoch annehmen, daß die nur ernährungsphysiologisch bedingten Unterschiede in der Proteinverwertung der Diäten FM 25 und KM 25 deutlich niedriger als 12% sind.

Würdigt man die Ergebnisse aller Fütterungsversuche, so lassen sich 4 unabhängige Vergleiche anstellen.

Das Proteinwirkungsverhältnis der Krillmehldiät KM im ersten Versuch war signifikant besser als das der Fischmehldiät FM I und war tendenziell (nicht signifikant) besser als das der Diät FM II.

Die Krillmehlvariante KM 17 des kommerziellen Futters FM 17 unterschied sich praktisch nicht im Proteinwirkungsverhältnis vom Originalfutter.

Nur die Krillmehlvariante KM 25 hatte ein relativ um 12% schlechteres Proteinwirkungsverhältnis als das Originalfutter FM 25, wobei der Unterschied zum Teil auf die unterschiedliche Verlustrate zurückzuführen war.

Man darf demnach folgern, daß das Krillmehl das Perufischmehl als Eiweißträger in Rezepturen für Trockenmischfutter für Forellen ersetzen kann. Die Unterschiede zwischen den Krillmehl- und Fischmehlrezepturen scheinen innerhalb der Größenordnung zu liegen, in der auch die Qualität verschiedener Chargen von Fischmehlrezepturen zu schwanken scheint (vergl. FM I und FM II).

#### **4. Zusammenfassung**

In zwei Fütterungsversuchen wurde untersucht, inwieweit Krillmehl Perufischmehl in Rezepturen für Forellenfutter ersetzen kann. Im ersten Versuch, der unter konstanten Außenbedingungen in Aquarien durchgeführt wurde, wurde die Futterwirkung von Krillmehl und von zwei Chargen Perufischmehl in Testdiäten geprüft, die jeweils eine dieser Komponenten als einzigen Eiweißträger enthielten.

Die chemische Untersuchung ergab eine vergleichbare Zusammensetzung der Testdiäten mit Krillmehl bzw. mit Perufischmehl. Insbesondere stimmen die Aminosäuremuster der Proteine weitgehend überein. Nach der Indikatormethode wurde die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins (Kjeldahl-N) und des Proteins (Summe der Aminosäuren) bestimmt. Die Verdauungskoeffizienten stimmten zwischen den Diäten jeweils gut überein. Diese Übereinstimmung erstreckte sich auch auf die Futterverwertung der drei Testdiäten. So waren

der Futterquotient (FQ) und das Proteinwirkungsverhältnis (PER) eines Futters, das Krillmehl als einzigen Eiweißträger enthielt, nicht signifikant verschieden vom FQ und PER eines Futters, dessen Proteinkomponente ausschließlich von Fischmehl geliefert wurde. Auch im Vergleich zu der zweiten geprüften Fischmehldiät war die Krillmehldiät in der Verwertung überlegen.

In dem zweiten Fütterungsversuch, der in einem Stausee in Netzgehegen durchgeführt wurde, wurden zwei kommerzielle Futterrezepturen verwendet, in denen Fischmehl gewichtsäquivalent durch Krillmehl ersetzt worden war. In einem Fall war die Futterverwertung der Krillmehl-haltigen Variante im Vergleich zur Originalrezeptur unterlegen. Der Unterschied ist jedoch nicht gesichert; er könnte auch durch die Abweichungen in der Verstrate zwischen den verwendeten Fischkollektiven bedingt sein.

Die Untersuchungen zeigten, daß Krillmehl das Perufischmehl als Proteinträger im Forellenfutter vollwertig ersetzen kann.

Herrn Bezirksfischereidirektor Dr. Gebhard Reichle sind wir für die Überlassung der Arbeitsmöglichkeiten in Wöllershof sowie für seine ständige Bereitschaft, uns mit seinem Rat zu unterstützen, zu großem Dank verpflichtet.

#### Literaturverzeichnis:

- 1) FAO: Yearbook of fisheries statistics, 41, 4, (1975).
- 2) TIEWS K., GROPP J. und KOOPS H.: On the development of optimal rainbow trout pellet feeds. – Archiv f. Fischereiwissenschaft, 27, Beih. 1, 1-29, (1976).
- 3) MESKE Ch., PFEFFER E.: Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Karpfen und Forellen. – Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beihefte zur Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde. Heft 8, (1977).
- 4) HORSTMANN H.-J. und REICHLE G.: in Vorbereitung
- 5) Anonym: Erste Krill-Expedition der Bundesrepublik Deutschland in antarktische Gewässer. – Informationen f. d. Fischwirtschaft, 22, 121-122, (1975).
- 6) Anonym: Erste Informationen über den II. Abschnitt der Antarktisreise. – Informationen f. d. Fischwirtschaft, 23, 35-36, (1976).
- 7) KOOPS H., TIEWS., BECK H. und GROPP K.: Ersatz von Fischmehl durch Alkanhefe und Krillmehl in Forellenfutter. – Informationen f. d. Fischwirtschaft, 24, 21-22, (1977).
- 8) LÖRZ R., LUKOWICZ M. v. und JAHN F.: Die Zusammensetzung von Krillmehl. – Fischwirt, 27, 50-51, (1977).
- 9) SCHMIDT G. W.: Krillmehl als Forellenfutter I. – Fischwirt, 27, 58, (1977).
- 10) SCHMIDT G. W.: Krillmehl als Forellenfutter II. – Fischwirt, 27, 62-64, (1977).
- 11) Anonym: Bestimmung von Feuchtigkeit. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft. Rechtsvorschriften, 14. Jahrg. Nr. L 279, 8-11, (1971).
- 12) Anonym: Bestimmung von Rohprotein. – dto., 15. Jahrg. Nr. L 123, 9-11 (1972).
- 13) Anonym: Bestimmung von Rohfett. – dto., 14. Jahrg. Nr. L 279, 17-18 (1971).
- 14) Anonym: Bestimmung von Rohasche. – dto., 14. Jahrg. Nr. L 155, 20-22, (1971).
- 15) Anonym: Bestimmung von Rohfaser. – dto., 16. Jahrg. Nr. L 83, 24-26, (1973).
- 16) SCHÜRCH A. F., LLOYD L. E. und CRAMPTON E. W.: The use of chromic oxide as an index for determining the digestibility of a diet. – J. Nutrition, 41, 629-636, (1950).
- 17) KLEIBER M.: Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier. – Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, (1967).
- 18) PETRY H. und RAPP W.: Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen. – Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde, 27, 181-189, (1970/71).
- 19) JOSHIDA M.: Rapid colorimetric determination of chromic oxide with diphenylcarbocide. – Bull. National Institut of Agricultural Sciences, Japan, 19, 127-132, (1960).
- 20) NEHRING K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. – Verlag J. Neumann-Neudamm, Melsungen, (1972).
- 21) PÜSCHNER A. und SIMON O.: Grundlagen der Tierernährung. – Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, (1973).
- 22) NOSE T.: On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout. – Bull. Freshwater Fisheries Research Laboratory, 15, 213-224, (1966).
- 23) SMITH R. R.: A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds. – Progressive Fish-Culturist, 33, 132-135, (1971).

- 24) HUISMANN E. A.: Mathematische Parameter von Sauerstoff und Temperatur in bezug auf Fütterung – in LIEBMANN H.: Probleme der Ernährung und Haltung von Süßwasserfischen im Intensivbetrieb. – Verlag R. Oldenburg, München, Wien, (1972).
- 25) PHILLIPS A. M., Jr. und BROCKWAY D. R.: Dietary calories and the production of trout in hatcheries. – Progressive Fish-Culturist, 21, 3-16, (1959).

Dr. E. Heydarpour \*) \*\*)

## Erste Erfahrung mit dem Aufbau einer Karpfenteichwirtschaft im Iran

Die Jundi-Shapur-Universität betreibt etwa 40 km nördlich der Stadt Ahwaz im Südwestteil des Iran das landwirtschaftliche Forschungs- und Produktionszentrum Ramin. Die Wissenschaftler des zur Provinz Khuzistan gehörenden Versuchsgutes (Betriebsfläche etwa 500 ha) bearbeiten die Fachgebiete Pflanzenbau und Pflanzenernährung, Tierproduktion, Gartenbau, Bodenkunde, Bewässerungstechnik, Landtechnik und Betriebswirtschaft.

Da es in diesem Gebiet fast keine Niederschläge gibt, ist der Landbau auf Bewässerungswirtschaft angewiesen. Die Wasserversorgung erfolgt aus dem Karun-Fluß, der eine Wasserführung von 200 – 1100 m<sup>3</sup>/sek besitzt und in den Persischen Golf mündet.

In einem neuen Forschungsprogramm werden hier auch die Möglichkeiten des Aufbaus einer Süßwasserfischproduktion in Teichwirtschaften geprüft. Über Erfahrungen der ersten Produktionsperiode soll nun berichtet werden.

Für die Versuchsteichwirtschaft stehen insgesamt 2,65 ha Teichfläche zur Verfügung. Vier Teiche liegen bis 300 m vom Karun-Fluß entfernt auf ebenem, tonig-lehmigem Gelände.

Das Zufließwasser muß je nach Wasserstand im Fluß 10 – 15 m mit Hilfe elektrischer Pumpen gehoben werden. Für die Teichfüllung und zum Ausgleich der hohen Verdunstungs- und Versickerungsverluste stehen täglich 15 Stunden lang 400 l/sek Flußwasser zur Verfügung.

Zum Teichbau wurde eine Planierdrape eingesetzt. Je Hektar Teichfläche wurden 50 Maschinenstunden benötigt. Die Feinbearbeitung der Dämme erfolgte dann von Hand.

Der Versuchsteich 1 ist 4000 m<sup>2</sup> groß und besitzt bei einer Tiefe von 1,1 – 1,4 m (Ø 1,2 m) ca. 4800 m<sup>3</sup> Wasservolumen. Nach der Füllung am 30.4.1976 wurde mit Branntkalk (250 kg/ha) und Ammoniumphosphat (250 kg/ha, 18% N, 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) gedüngt. Zusätzlich verabreichte man ca. 1250 kg getrockneten Hühnermist/ha in 10 Einzelgaben vor der eigentlichen Versuchszeit. Der Besatz erfolgte am 9.6.1976. Die bei der iranischen Fischerei-Versuchsanstalt am Kaspischen Meer bestellte Karpfenbrut (*Cyprinus carpio*, „angefütterte Ko“) starb bereits zu 50% vor dem Besatz, weil eine Transportverzögerung eintrat. Etwa 7500 Ko konnten noch in den Teich gesetzt werden. Als Vergleichsfisch wurde die im Karun heimische Fischart *Barbus grypus* benutzt. 1000 Exemplare mit 10 cm Länge wurden zu den Karpfen gegeben. Während der Versuchsdauer von 400 Tagen wurden regelmäßig Wasserqualität und Temperatur kontrolliert. Die Wasserwerte lagen stets im für Fische günstigen Bereich: Die pH-Werte schwankten zwischen 7,3 und 9 und die O<sub>2</sub>-Werte sanken auch über Nacht durch die Frischwasserzufuhr (die nachts erfolgte) nicht unter 7 mg O<sub>2</sub>/l; das SBV betrug im Durchschnitt 2,5 und an absetzbaren Stoffen waren 1000 mg/l vorhanden.

\*) Dr. E. Heydarpour, Jundi-Shapur-University, Ramin Research and Production Center, Ramin-Ahwaz, Iran.

\*\*) Für die Förderung der Arbeit danke ich der Universität und dem Ministerium für Kultur.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Vens-Capell Bernd, Horstmann Hans-Joachim

Artikel/Article: [Untersuchung über die Eignung des Krillmehls als Ersatz für Fischmehl im Trockenmischfutter für Forellen 35-46](#)