

## **- Zwischenbericht - Optimierter Einsatz von Kartoffelprotein in der Ernährung von Regenbogenforellen nach ökologischen Kriterien**

---

**FKZ: 08OE058**

**Projektnehmer:**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Tierzucht und Tierhaltung (FB Aquakultur)  
Hermann-Rodewald-Straße 6, 24118 Kiel  
Tel.: +49 431 8802584  
Fax: +49 431 8802588  
E-Mail: [cschulz@tierzucht.uni-kiel.de](mailto:cschulz@tierzucht.uni-kiel.de)  
Internet: <http://www.agrar.uni-kiel.de>

**Autoren:**

Tusche, Karsten

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

# ZWISCHENBERICHT

## Optimierter Einsatz von Kartoffelprotein in der Ernährung von Regenbogenforellen nach ökologischen Kriterien



**Karsten Tusche**

Christian-Albrechts-Universität, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Fachbereich: Aquakultur

Olsenhausenstraße 40, 24098 Kiel

Tel.: +49 4834 96539914, Fax: +49 4824 96539999

E-Mail: [tusche@gma-buesum.de](mailto:tusche@gma-buesum.de)

Gefördert durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des Bundesprogramms ökologischer Landbau

**Förderkennzeichen: 08OE058**

# Inhalt

1. Ausgangslage .....	3
1.1 Gesamtziel des Vorhabens .....	3
1.2 Wissenschaftliche und / oder technische Arbeitsziele des Vorhabens.....	4
1.3 Zeitmanagement .....	4
2. Vorgehensweise .....	7

# 1. Ausgangslage

## 1.1 Gesamtziel des Vorhabens

In der ökologischen Fischproduktion ist die Futtermittelherstellung streng reglementiert. Die für die Ernährung von carnivoren Fischarten wie der Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) hochwertigen Fischmehle dürfen gemäß den Produktionskriterien von NATURLAND lediglich aus nachhaltig zertifizierter Fischerei (z.B. MSC-Standard), aus Beifängen der Speisefischerei oder aus Überresten der Verarbeitung von ökologisch produzierten Fischen derselben geographischen Region bezogen werden. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit soll die Fischmehlverwendung durch Nutzung alternativer Proteinquellen auf ein Minimum reduziert werden. Der Einsatz nativer pflanzlicher Mehle ist wegen der geringen Proteingehalte, möglicher limitierender Aminosäuren und antinutritiver Inhaltsstoffe begrenzt. Pflanzliche Proteinkonzentrate mit hohen Proteingehalten von 70-90 % dürfen in der ökologischen Fischproduktion nur bei lösungsmittelfreier Aufbereitung eingesetzt werden, was den Einsatz von Proteinisolaten aus Soja, Raps oder Lupine ausschließt. Zudem ist der zur Aufwertung der biologischen Wertigkeit der pflanzlichen Proteine notwendige Einsatz synthetischer Aminosäuren untersagt, so dass alternative Proteinquellen in der ökologischen Fischproduktion nur begrenzt einsetzbar sind. Kartoffeleiweiß weist im Vergleich zu Eiweißen anderer Pflanzen wie Soja oder Raps eine hochwertigere Proteinzusammensetzung ohne limitierende Aminosäuren auf und wird aufgrund der lösungsmittelfreien Herstellung und dem regionalen Anbau als Proteinträger in der Tierernährung nach ökologischen Kriterien anerkannt.

Zur Substitution des Fischmehlanteils in den Öko-Fischfuttermitteln soll deshalb der Einsatz von Kartoffeleiweiß in der Ernährung von Regenbogenforellen (RF) untersucht werden. Dabei soll unter Berücksichtigung möglicher antinutritiver Inhaltsstoffe, wie z.B. Solanin oder Chaconin, die maximale Kartoffeleiweißverwendung ermittelt werden, die keine negativen Auswirkungen auf die Wachstumsleistungen und den Gesundheitsstatus der RF aufweist. Darauf aufbauend soll durch die gezielte Kombination von Kartoffeleiweiß mit dem ebenfalls in der Öko-Tierproduktion zugelassenen, aber ernährungsphysiologisch minderwertigeren Weizenklebereiweiß eine preisgünstigere Futtermittelzusammensetzung zur maximal möglichen Fischmehlsubstitution in Öko-Fischfuttermitteln hergestellt werden, sowie der Einfluss auf die sensorische Produktqualität berücksichtigt werden.

## **1.2 Wissenschaftliche und / oder technische Arbeitsziele des Vorhabens**

Das Projektvorhaben dient der Entwicklung von Futtermitteln mit hohen Anteilen pflanzlicher Rohstoffe (Kartoffel/Weizeneiweiß), die in der ökologischen Fischproduktion eingesetzt werden können. Konkret ergeben sich folgende Fragestellungen, die im beantragten Projektvorhaben bearbeitet werden sollen:

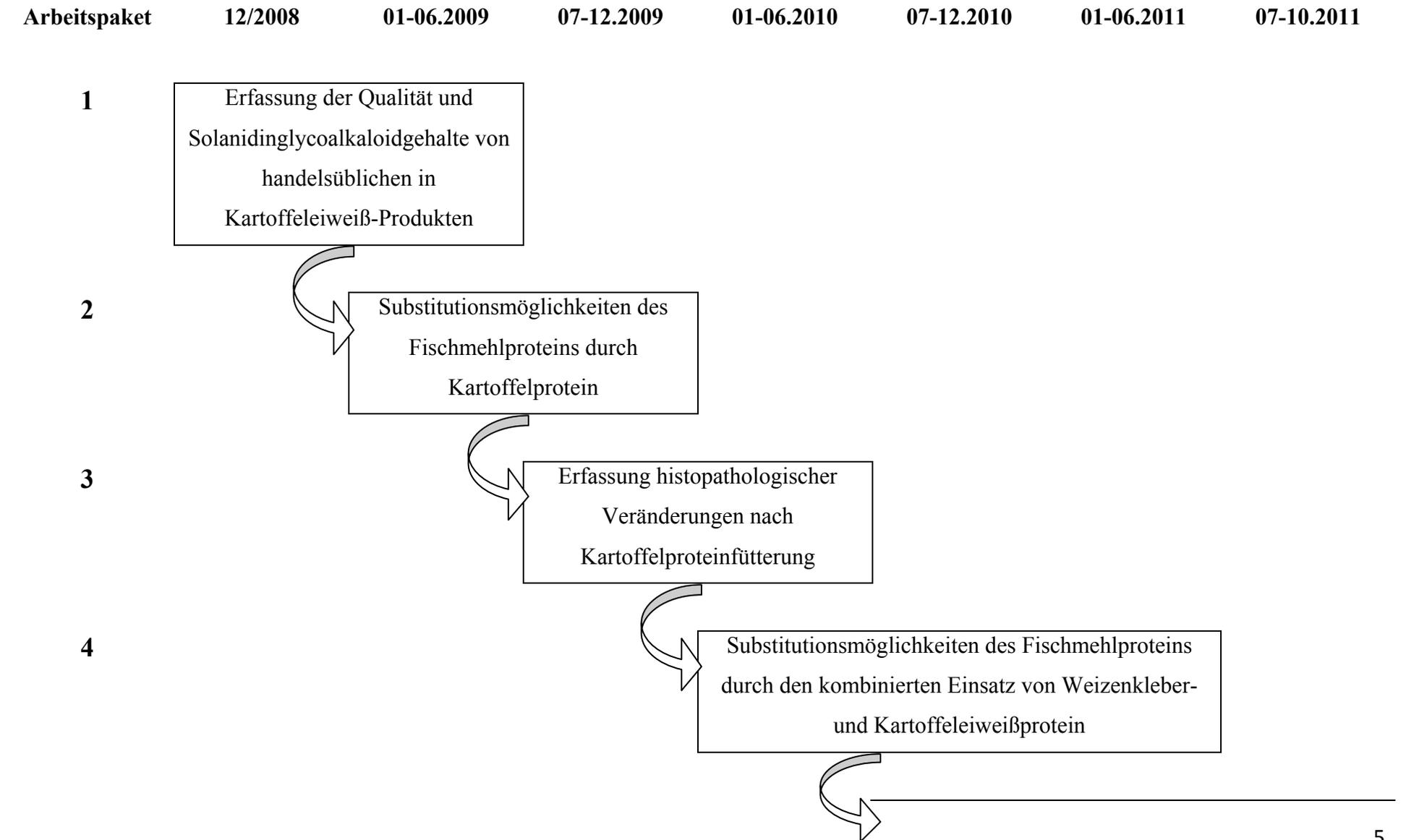
- Wie hoch ist der Gehalt an Solanidinglycoalkaloid in Kartoffeleiweiß-Produkten aus handelsüblicher Produktion?
- Wie viel des Fischmehlproteins können unter Berücksichtigung der Solanidinglycoalkaloidgehalte durch Kartoffelprotein in der RF-Ernährung ersetzt werden?
- Welche Auswirkungen auf die Nährstoffverdaulichkeit hat die Verwendung von Kartoffelprotein in der RF-Ernährung?
- Führt die Verwendung von Kartoffelprotein zu histopathologischen Veränderungen des Verdauungstraktes von RF?
- Kann durch den kombinierten Einsatz mit Weizenkleberprotein eine optimierte Nutzung des Kartoffelproteins erreicht werden?
- Welche Auswirkungen auf die Nährstoffverdaulichkeit hat die Verwendung von kombinierten Kartoffel-/Weizenprotein in der Fischernährung?
- Führt eine kombinierte Verwendung von Kartoffel- und Weizenkleberprotein zu histopathologischen Veränderungen des Verdauungstraktes von RF?
- Hat die Nutzung von Kartoffelprotein und Weizenkleber Einfluss auf die chemische, physikalische und sensorische Produktqualität von Regenbogenforellen?

## **1.3 Zeitmanagement**

Nach Erhalt des Zuwendungsbescheides durch Herrn Winkel am 01.12.2008, in welchem ein vorgezogener Projektbeginn im Dezember 2008 ermöglicht wurde, konnte umgehend mit der Beschaffung notwendiger Laborausstattungsgegenstände begonnen werden. Die gesamte Projektbearbeitungsdauer erstreckt sich vom 01.12.2008 bis zum 31.10.2011.

Zum 01.02.2009 konnte Karsten Tusche als verantwortlichen Projektmitarbeiter eingestellt werden. Nach kurzer Einarbeitungszeit erfolgte die Aufnahme des veranschlagten Zeit- und Arbeitsplans, der im Folgenden kurz aufgezeigt werden soll.

Tabelle 1: Versuchsplan



Erfassung histopathologischer Veränderungen nach  
kombinierten Kartoffel-/Weizenproteinfütterung

## 2. Vorgehensweise

Wie im Projektantrag beschrieben, soll im Versuchsvorhaben der Einsatz von Kartoffelproteinen mit unterschiedlichen Glykoalkaloidgehalten in der Ernährung von Regenbogenforellen zur maximalen Fischmehlsubstitution untersucht werden. Angestrebt wird dabei, eine Kartoffelproteinherkunft herauszufiltern, welche keine Auswirkungen auf die Wachstumsleistung und den Gesundheitszustand der Fische zeigen.

Diesbezüglich wurde zunächst der Markt nach Angeboten für Kartoffelproteine untersucht. Da die Verfügbarkeit aufgrund der geringen Nachfrage stark eingeschränkt ist, konnten lediglich 3 unterschiedliche Kartoffelproteine in den ersten Arbeitsblock aufgenommen werden. Die Analytik der Nährstoffgehalte (Weender Futtermittelanalytik) erfolgte am Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die Analyse der Glykoalkaloidgehalte, sowie der Aminosäurezusammensetzung wurde von der LUFA-ITL GmbH in Kiel durchgeführt.

**Tabelle 2: Ergebnisse Rohstoffanalytik**

	Fischmehl	Kartoffelprotein IG	Kartoffelprotein K5	Kartoffelprotein Südstärke	Wheat Gluten Loryma	Wheat Gluten Cargill	Wheat Gluten Südstärke	Weizenstärke
% Trockensubstanz (TS)	91,8	91,96	95,58	91,29	94,35	92,83	92,82	89,81
Wasser	8,1	8,04	4,42	8,71	5,65	7,17	7,18	10,19
Rohprotein	68,9	84,17	85,9	80,18	82,95	81,88	81,57	0,28
Rohfett	6,9	2,94	3,29	4,75	5,85	5,2	5,30	0,36
Rohfaser	0,5	0,63	0,05	1,06	0,26	0,59	0,66	0,03
Stärke	1,9	0,35	1,01	0,53	10,22	9,38	5,38	92,39
Rohasche	20,6	2,09	0,85	2,35	0,73	1,01	1,54	0,11
Solanin mg/kg TS		1060,00	4,40	795,00				
Chaconin mg/kg TS		1090,00	3,01	1240,00				

Bei den zur Verfügung stehenden Kartoffelproteinen handelt es sich um 2 Rohprodukte (IG und Südstärke), wie sie nach der Heißdampfextraktion und anschließender Trocknung anfallen, sowie einem Folgeprodukt (K5). Bei Letzterem wurde der Solanidin- und Chaconingehalt durch technische Reinigungsprozesse bis auf ein Minimum gesenkt. Aus der vorhergehenden Tabelle lässt sich entnehmen, dass die Kartoffelproteine IG und Südstärke einen Gesamtgehalt an Glykoalkaloiden zw. 2035-2150 mg/kg TS im Rohstoff aufweisen.

Diese Menge entspricht Gehalten, welche bereits in früheren Untersuchungen zum Einsatz kamen. Das Kartoffelprotein K5 weist in der Gesamtheit lediglich 7,41 mg/kg TS auf.

Auf der Basis der Analytik wurden als Austauschprodukt die Proteine IG und K% ausgewählt. Sie weisen jeweils einen sehr hohen Proteingehalt auf und unterscheiden sich stark in ihrem Gehalt an Glykoalkaloiden. Beide finden Eingang in den ersten Fütterungsversuch. Des Weiteren lässt sich festhalten, dass alle Kartoffelproteine Aminosäuremuster aufweisen, welche einer bedarfsgerechten Forellenernährung entsprechen und somit keinerlei Supplementierung mit einzelnen Aminosäuren notwendig wird.

Neben den Kartoffelproteinen wurden ebenfalls alle weiteren Futterrohstoffe einer genauen Nährstoff- und Aminosäureanalytik unterzogen. Dies ist zwingend notwendig, um bei der Futtermittelherstellung isonitrogene und isoenergetische Futtermittel zu erzeugen. Das Fischmehl wird ein gemäß den Richtlinien der ökologischen Fischproduktion zugelassenes Schlachtkörpermehl (Vereinigte Fischmehlwerke Cuxhaven) und die Weizenprodukte ökologischer Herkunft sein.

Anhand der Analyseergebnisse wurden alle benötigten Futterinhaltsstoffe festgelegt und die genauen Zusammensetzungen der einzelnen Versuchsfuttermittel errechnet. Der Rohproteingehalt der Futtermittel sollte 45 % betragen und der Rohfettgehalt 15 % nicht überschreiten. Das fischmehlbürtige Protein wird sukzessive von 0 % auf 100 % durch die jeweiligen Kartoffelproteine ausgetauscht. Die Futtermittelzusammensetzung stellte sich in Abhängigkeit der Nährstoffgehalte der eingesetzten Rohstoffe folgendermaßen dar:

**Tabelle 3: Zusammensetzung der Futtermittel für den 1. Versuchsabschnitt**

	FG 1 100% FM	FG 2 25% K5	FG 3 50% K5	FG 4 75% K5	FG 5 100% K5	FG 6 25% IG	FG 7 50% IG	FG 8 75% IG	FG 9 100% IG
Fischmehl (FM)	68,56	51,42	34,28	17,14	0,00	51,42	34,28	17,14	0,00
Kartoffelprotein K5	-	13,23	26,46	39,69	52,93	-	-	-	-
Kartoffelprotein IG	-	-	-	-	-	14,03	28,07	42,10	56,14
Fischöl	9,95	10,68	11,40	12,12	12,85	10,72	11,48	12,24	13,00
Weizenstärke	14,49	13,67	12,85	12,03	11,20	13,52	12,54	11,57	10,60
Weizenkleber	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Vit.-Min.- Mischung	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Carboxm.cellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Marker (TiO <sub>2</sub> )	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Magnesiumsilikat	0,00	4,01	8,01	12,02	16,03	3,31	6,63	9,94	13,26

Die Futtermittel mit zwei unterschiedlichen Kartoffelproteinvarianten (2\*4+1= insgesamt 9 Futtermittel) werden im Pelletierverfahren hergestellt. Anschließend wurden alle Futtermittel ein weiteres Mal auf ihre Nährstoffgehalte analysiert, um zu überprüfen, ob die Futtermittel für die Versuchsdurchführung geeignet sind.

**Tabelle 4: Ergebnisse Futtermittelanalytik**

	FG 1	FG 2	FG 3	FG 4	FG 5	FG 6	FG 7	FG 8	FG 9
	100 %	25 %	50 %	75 %	100 %	25 %	50 %	75 %	100 %
	FM	K5	K5	K5	K5	IG	IG	IG	IG
Trockensubstanz (TS) %	92,9	93,6	94,4	95,2	95,9	93,0	93,2	93,5	93,8
Wasser	7,2	6,4	5,7	4,8	4,2	7,0	6,8	6,5	6,2
Rohprotein (%TS)	48,8	49,0	48,6	48,3	47,7	49,2	49,1	48,8	48,5
Rohfett (% TS)	14,5	15,8	15,8	15,6	14,5	15,6	15,3	15,8	15,4
Rohfaser (% TS)	3,8	1,8	0,8	0,3	0,7	4,0	1,3	1,6	1,3
Stärke (%TS)	12,8	12,3	10,8	9,7	9,0	11,2	10,3	10,2	9,1
Rohasche (% TS)	18,3	17,9	18,6	19,2	19,9	17,8	17,7	17,9	18,1
Bruttoenergie MJ/kg	20,4	20,3	20,6	20,4	20,4	20,3	20,8	21,1	21,1
<b>Glykoalkaloide</b>									
Solanin (mg/kg)	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	166,3	305,9	458,9	611,9
Chaconin (mg/kg)	0,0	0,6	1,2	1,7	2,3	148,7	297,5	446,3	595,1
<b>Aminosäuren (mg/kg)</b>									
Lysin	31,3	33,4	35,5	37,6	39,7	33,3	35,3	37,3	39,4
Methionin	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,5	11,5	11,5	11,5
Cystin	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	5,0	5,8	6,7	7,5
Asparginsäure	39,7	44,8	49,9	55,1	60,2	45,3	50,9	56,5	62,1
Threonin	18,9	21,5	24,2	26,9	29,5	21,4	24,0	26,6	29,2
Serin	20,0	21,8	23,7	25,5	27,4	21,8	23,6	25,5	27,3
Glutaminsäure	65,1	63,7	62,2	60,8	59,4	63,9	62,6	61,4	60,2
Prolin	24,2	24,8	25,3	25,8	26,4	24,9	25,5	26,1	26,7
Glycin	39,0	35,4	31,8	28,2	24,6	35,5	31,9	28,4	24,8
Alanin	30,7	29,2	27,7	26,2	24,7	29,3	27,8	26,3	24,9
Valin	21,7	24,3	27,0	29,6	32,2	24,4	27,1	29,8	32,5
Isoleucin	17,7	20,1	22,4	24,7	27,0	20,2	22,7	25,1	27,6
Leucin	31,7	36,6	41,5	46,4	51,3	36,6	41,5	46,4	51,3

Thyrosin	12,9	16,6	20,2	23,8	27,4	16,5	20,1	23,6	27,2
Phenylalanin	17,5	21,3	25,2	29,0	32,8	21,4	25,2	29,1	33,0
Histidin	9,8	10,1	10,4	10,6	10,9	10,1	10,4	10,6	10,9
Arginin	28,2	27,3	26,3	25,4	24,5	27,4	26,6	25,8	25,1
Tryptophan	4,1	4,5	5,0	5,4	5,8	4,6	5,1	5,6	6,1



**Abbildung 1: gepresste Versuchsfuttermittel**

Nach der Futtermittelformulierung und dem Pressen erfolgt der 1. Fütterungsversuch. Dieser begann am 03.09.2009 befindet sich derzeit im Verlauf. Geplantes Versuchsende ist der 21.11.2009.

Da die Versuchstierhaltung in Erdteichen gemäß den Vorgaben zur ökologischen Fischproduktion aufgrund der immanenten variierenden Umweltbedingungen und Nährtieraufkommen zwischen Teichen abgelehnt wurde, um einen haltungsbedingten Einfluss auf die zu erfassenden Leistungsparameter auszuschließen, wird die Fischhaltung in einem Kreislaufsystem durchgeführt. Dieses befindet sich in den Forschungskapazitäten der Gesellschaft für Marine Aquakultur (Büsum). Es handelt sich hierbei um eine Aquarienanlage mit einem Gesamtvolumen von 9 m<sup>3</sup> Wasservolumen. In diese sind zwei biologische Wasseraufbereitungen, Sauerstoffbegasung mit Luft sowie 40 Becken mit einem jeweiligen Wasservolumen von 175 Liter integriert.

Für den Versuch wurden Regenbogenforellensetzlinge mit einem Gewicht von durchschnittlich 28 g verwendet. Diese werden über einen Zeitraum von 84 Tagen mit den unterschiedlichen Futtermitteln täglich 2x bis zur scheinbaren Sättigung gefüttert. Die 9 Fütterungsgruppen werden in triplikativer Anordnung gehalten bei Besatzdichten, welche 10 kg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten. Dies lässt sich über eine Stückzahl von 20 Fische/Versuchsbecken realisieren.

Im abschließenden Versuchsverlauf werden mittels Kotsammlung die scheinbaren Nährstoffverdaulichkeiten und die Wachstumsleistungen nach der abschließenden Wägung

für die statistische Analyse erfasst. Für die Analyse der Körperzusammensetzung werden in Abhängigkeit des Endgewichtes je Versuchsgruppe 6-9 Fische (mind. 2 Fische/Becken = mind. 6 Fische/Fütterungsgruppe) homogenisiert.

Der Einfluss variierender Proteinquellen und Solanidinglycoalkaloidgehalte auf die ermittelten Versuchsparameter wird mittels der zweifaktoriellen Varianzanalyse erfasst. Der Vergleich der Mittelwerte der Fütterungsgruppen (n=3) untereinander wird mit dem multiplen Mittelwertvergleich nach Tukey (homogene Varianzen nach Levene) oder Dunnett T3 (inhomogene Varianzen nach Levene) ermittelt.