

Einfluss von Futtermitteln und der Fütterungsstrategie auf die Fischproduktion und die Produktqualität von ökologischen Fischereierzeugnissen

Influence of feed and feeding strategy on fish production and product quality of organic fishery products

FKZ: 08OE038

Projektnehmer:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Fischerei (IFI)
Weilheimer Straße 8, 82319 Starnberg
Tel.: +49 8151/2692-121
Fax: +49 8151/2692-170
E-Mail: reinhard.reiter@lfl.bayern.de
Internet: <http://www.lfl.bayern.de/ifi/>

Autoren:

Reiter, Reinhard; Frenzl, Benedikt; Schmidt, Gregor

FKZ: 08OE157

Projektnehmer:

Max Rubner-Institut (MRI)
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und
Fisch (MF)
Hermann-Weigmann-Straße 1, 24103 Kiel
Tel.: +49 431 6092250
E-Mail: horst.karl@mri.bund.de
Internet: <http://www.mri.bund.de>

Autoren:

Karl, Horst; Manthey-Karl, Monika

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft (BÖLN)



**Einfluss von Futtermitteln und der
Fütterungsstrategie auf die Fischproduktion
und die Produktqualität von ökologischen
Fischereierzeugnissen**

Endbericht

November 2011

BLE-Forschungsprojekt im Bereich des Bundesprogramms Ökologischer Landbau für den Bereich Aquakultur

Projekt ÖkoFuProQua = Ökofutter – Produktqualität

Projektnummern: 08OE038 (Teilprojekt LfL) und 08OE157 (Teilprojekt MRI)

Laufzeit: 11/2008 – 11/2011

Berichtszeitraum: 11/2008 – 11/2011

Beteiligte Institutionen:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Fischerei (IFI)

Max Rubner-Institut (MRI), Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch (MF)

Verantwortliche Wissenschaftler:

Dr. Reinhard Reiter (LfL)

Hr. Benedikt Frenzl (LfL)

Hr. Gregor Schmidt (LfL)

Dr. Horst Karl (MRI)

Fr. Monika Manthey-Karl (MRI)

Beteiligte Wissenschaftler:

Dr. Ute Ostermeyer (MRI)

Fr. Ines Lehmann (MRI)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Zusammenfassung.....1
2	Summary2
3	Einleitung3
3.1	Gesamtziel des Vorhabens und Bezug zu förderpolitischen Zielen.....3
3.2	Vorgesehener Arbeitsplan4
3.3	Erreichte Ziele5
4	Literaturrecherche5
4.1	Allgemeines.....5
4.2	Wasserqualität8
4.3	Beispiel: „Naturland“-Richtlinien für die Ökoforellenproduktion (11/2008), relevante Aspekte9
4.3.1	Standortwahl, Wechselwirkungen mit umliegenden Ökosystemen.....9
4.3.2	Art und Herkunft der Besatztiere9
4.3.3	Einrichtung der Haltungssysteme, Wasserqualität, Besatzdichte10
4.3.4	Gesundheit und Hygiene10
4.3.5	Sauerstoffversorgung10
4.3.6	Fütterung10
4.4	Probleme und Diskussionspunkte11
5	Material und Methoden13
5.1	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei, Starnberg13
5.2	Bachforellen (<i>Salmo trutta fario</i> , Linnaeus 1758)14
5.3	Seesaiblinge (<i>Salvelinus alpinus</i> , Linnaeus 1758)14
5.4	Fütterung15
5.5	Gesundheitskontrolle des Bestandes und Erfassung der Verluste.....19
5.6	Erfassung der Wasserparameter19
5.7	Wachstumsleistung und Kondition19
5.8	Futtermittelverwertung19
5.9	Aufzucht20
5.9.1	Bachforellen20
5.9.2	Seesaiblinge.....21
5.10	Analyse der Produktqualität21
5.10.1	Chemische Untersuchungen21
5.10.2	Freie Aminosäuren22

5.10.3	Bestimmung der Fettsäuren.....	22
5.10.4	Selenbestimmung	22
5.10.5	Berechnung der Bruttoenergiegehalte	22
5.10.6	Instrumentelle Messungen: Textur, Wasserbindungsvermögen, Farbmessungen.....	23
5.10.7	Aromaprofilanalyse (elektronische Nase).....	23
5.10.8	Sensorische Bewertung der gegarten Filets	24
5.10.9	Sensorische Bewertung der geräucherten Filets.....	24
6	Ergebnisse	25
6.1	Teiche	25
6.2	Fütterung	25
6.3	Bachforellen	25
6.3.1	Futtermittel.....	25
6.3.2	Aufzucht	26
6.3.2.1	Wasserqualität	26
6.3.2.2	Verluste	27
6.3.2.3	Krankheitsfälle und weitere Ausfälle	28
6.3.2.4	Wachstumsleistung der Gruppen	29
6.3.2.5	Individuelle Wachstumsleistung	32
6.3.2.6	Futtermittelnutzung	34
6.3.2.7	Kostenvergleich der ökologischen mit der konventionellen Aufzucht	36
6.3.3	Produktqualität	38
6.3.3.1	Geschlechtsreife	38
6.3.3.2	Schlachtkörperuntersuchungen	38
6.3.3.3	Chemische Zusammensetzung der Bachforellenfilets	40
6.3.3.4	Freie Aminosäuren	42
6.3.3.5	Fettsäurespektrum	43
6.3.3.6	Selengehalt in den Futtermitteln und den Filets.....	46
6.3.3.7	Wasserbindungsvermögen, Textur, Farbe.....	47
6.3.3.8	Aromaprofilanalyse	51
6.3.3.9	Sensorische Bewertung der gegarten Forellenfilets	53
6.3.3.10	Sensorische Bewertung der geräucherten Bachforellenfilets.....	56
6.4	Seesaiblinge.....	57
6.4.1	Futtermittel	57
6.4.2	Aufzucht	58

6.4.2.1	Wasserqualität	58
6.4.2.2	Verluste	59
6.4.2.3	Wachstumsleistung der Gruppen	60
6.4.2.4	Individuelle Wachstumsleistung	63
6.4.2.5	Futtermittelverwertung	65
6.4.2.6	Kostenvergleich der ökologischen mit der konventionelle Aufzucht	66
6.4.3	Produktqualitätsuntersuchung	68
6.4.3.1	Geschlechtsreife	68
6.4.3.2	Schlachtkörperuntersuchungen	68
6.4.3.3	Chemische Zusammensetzung des essbaren Anteils der Seesaiblinge (Filet).....	69
6.4.3.4	Chemische Zusammensetzung und Bruttoenergiegehalt der Seesaiblinge (Ganzkörper)	71
6.4.3.5	Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Ganzkörper und Filet.....	72
6.4.3.6	Freie Aminosäuren	73
6.4.3.7	Fettsäurespektrum	74
6.4.3.8	Selengehalt in den Futtermitteln und den Filets.....	78
6.4.3.9	Wasserbindungsvermögen, Textur, Farbe.....	78
6.4.3.10	Aromaprofilanalyse	82
6.4.3.11	Sensorische Bewertung der gegarten Seesaiblingsfilets	85
7	Diskussion	89
7.1	Aufzucht	89
7.1.1	Wasserqualität	89
7.1.2	Verluste	90
7.1.3	Verhalten	90
7.1.4	Futtermittel	91
7.1.5	Wachstumsleistung.....	92
7.1.6	Futtermittelverwertung	93
7.1.7	Geschlechtsreife	94
7.1.8	Körperzusammensetzung	95
7.2	Qualitätsuntersuchung	95
7.2.1	Futtermittel	95
7.2.2	Zusammensetzung des essbaren Anteils	96
7.2.3	Fettsäurezusammensetzung	97
7.2.4	Anteil freier Aminosäuren.....	97

7.2.5	Selen	98
7.2.6	Sensorische Qualität	98
	Literaturverzeichnis	99

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: ...Futterautomat	15
Abb. 2: ...Gesamtverluste (n) der 8 Gruppen während der Aufzucht der Bachforellen	28
Abb. 3: ...Bachforelle mit Fuchsverbiss	28
Abb. 4: ...Tierwelt um die Erdteiche: Rotfuchs (<i>Vulpes vulpes</i>) und Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>) mit Bachforelle als Beute	28
Abb. 5: ...Entwicklung der mittleren Stückmassen der Bachforellen bei Handfütterung.....	29
Abb. 6: ...Entwicklung der mittleren Stückmassen der Bachforellen bei Automatenfütterung	30
Abb. 7: ...Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Handfütterung der Bachforellen.....	31
Abb. 8: ...Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Bachforellengruppen bei der Automatenfütterung.....	32
Abb. 9: ...Mittlere Stückgewichte der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht (n=35).....	33
Abb. 10: Mittlere Totallängen der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht (n=35).....	33
Abb. 11: Mittlere Korpulenzfaktoren (k-Faktor) der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht (n=35).....	34
Abb. 12: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Handfütterung der Bachforellen.....	35
Abb. 13: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Bachforellen.....	36
Abb. 14: Vergleich der Kosten der vier Futtermittel in €/kg Zuwachs der Bachforellen	37
Abb. 15: Prozentuale Gewichtsanteile der Schlachtkörper, Innereien und Gonaden der Bachforellengruppen (n=35)	39
Abb. 16: Bandbreite der gemessenen Fettgehalte im Muskelfleisch von Bachforellen	42
Abb. 17: Fettsäuremuster der acht Bachforellen-Fütterungsgruppen	44
Abb. 18: Fettsäuremuster der eingesetzten Futtermittel bei der Bachforellenaufzucht	45
Abb. 19 Vergleich der Fettsäuremuster der Futtermittel (A-Bio und C-Bio) und des Fischfilets am Beispiel der Bachforellengruppen A-Bio und C-Bio.....	45
Abb. 20: Bestimmung des auspressbaren Wassers in den Bachforellenfilets der 4 Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten.....	48
Abb. 21: Darstellung der mittleren Kraftwerte (N) für die Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten ($p < 0,05$)	49
Abb. 22: Instrumentelle Farbmessung an einem Bachforellenfilet.....	49
Abb. 23: L*-Werte (Helligkeit), der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)	50

Abb. 24: a*-Werte (Rotfärbung) der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)	50
Abb. 25: b*-Werte (Gelbfärbung) der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)	51
Abb. 26: Untersuchung von Bachforellenfilets mit der elektronischen Nase: Ergebnisse für die Fütterungsgruppen D-Konv (A) und D-Konv (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte, \square = Handfütterung (H) / \circ = Automatenfütterung (A)	52
Abb. 27: Untersuchung von Bachforellenfilets mit der elektronischen Nase: Ergebnisse für die Fütterungsgruppen B-Bio (A) und B-Bio (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte, \square = Handfütterung (H) / \circ = Automatenfütterung (A)	52
Abb. 28: Untersuchung von Bachforellen mit der sensorischen Nase: Ergebnisse für die vier Fütterungsgruppen „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte	53
Abb. 29: Gesamtverluste (n) während der Aufzucht der Seesaiblinge	59
Abb. 30: Verendete Seesaiblinge mit Krankheitsmerkmalen der Furunkulose (Erreger: <i>Aeromonas salmonicida</i>)	59
Abb. 31: Entwicklung der Stückmassen der Seesaiblinge bei Handfütterung im Versuchsverlauf	60
Abb. 32: Entwicklung der Stückmassen der Seesaiblinge bei Automatenfütterung im Versuchsverlauf	61
Abb. 33: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Handfütterung der Seesaiblinge	62
Abb. 34: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Seesaiblinge	62
Abb. 35: Mittlere Stückgewichte der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)	63
Abb. 36: Mittlere Totallängen der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)	64
Abb. 37: Mittlere Korpulenzfaktoren (k-Faktor) der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)	64
Abb. 38: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Handfütterung der Seesaiblinge	65
Abb. 39: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Seesaiblinge	66
Abb. 40: Futterkostenvergleich in €/kg Zuwachs der Seesaiblinge in den drei Aufzuchtphasen	67
Abb. 41: Prozentuale Gewichtsanteile der Schlachtkörper, Innereien und Gonaden in den Analyse-Seesaiblingen zur Qualitätsuntersuchung	68
Abb. 42: Bandbreite der gemessenen Fettgehalte im Muskelfleisch von Seesaiblingen	71
Abb. 43: Prozentualer Anteil der freien Aminosäuren in den Seesaiblingsfilets	73
Abb. 44: Fettsäurezusammensetzung (FSME %) der Seesaiblingsfilets in Prozent	75
Abb. 45: Fettsäurezusammensetzung (FSME) der vier eingesetzten Futtermittel (Phase III)	76

Abb. 46: Vergleich der Fettsäurezusammensetzung (FSME) im Seesaiblingsfilet und Futtermittel	76
Abb. 47: Bestimmung des auspressbaren Wassers in den Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Darstellung der Mittelwerte +/- Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten	79
Abb. 48: Darstellung der mittleren Kraftwerte (N) für die Seesaiblinge der verschiedenen Fütterungsgruppen. Darstellung der Mittelwerte +/- Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen stehen für signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten	80
Abb. 49: L*-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)	81
Abb. 50: a*-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)	81
Abb. 51: b*-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)	82
Abb. 52: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Fütterungsgruppen D-Konv „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte	82
Abb. 53: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Fütterungsgruppen B-Bio „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte	83
Abb. 54: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Gruppen B-Bio und D-Konv, jeweils „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte	83
Abb. 55: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Gruppen A-Bio und B-Bio, jeweils „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte	84
Abb. 56: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse mit den Messwerten für die vier Fütterungsgruppen „Handfütterung“	84
Abb. 57: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse mit den Messwerten für die vier Fütterungsgruppen „Automatenfütterung“	85
Abb. 58: Spinnen-Netz-Diagramm mit den Attributen für die sensorische Beurteilung der gegarten Seesaiblingsfilets. Die Intensität nimmt mit dem Abstand vom Zentrum zu. Buchstaben vor den Attributsbezeichnungen: T= Textur, GR= Geruch, GM= Geschmack	86
Abb. 59: Sensorische Bewertung des Geschmacks (GM) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)	87
Abb. 60: Sensorische Bewertung des Geruchs (GR) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)	87

Abb. 61.:Sensorische Bewertung der Textur (T) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal).....	88
Abb. 62.:Antworten des Sensorikpanels auf die Frage: Welche Probe würden Sie persönlich bevorzugen?.....	88

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: ...Wasserqualitätskriterien für Salmoniden (Bachforellen) (nach Bohl 1999).....	9
Tab. 2: ...Systematik der Bachforelle	14
Tab. 3: ...Systematik des Seesaiblings.....	14
Tab. 4: ...Futtermittel der ersten Aufzuchtphase	16
Tab. 5: ...Futtermittel der zweiten Aufzuchtphase	17
Tab. 6: ...Futtermitteln der dritten Aufzuchtphase	18
Tab. 7: ...Zusammensetzung der in Phase III eingesetzten Futtermittel.....	26
Tab. 8: ...Wasserqualitätsparameter während der Aufzucht der Bachforellen	27
Tab. 9: ...Futterkosten bei der Aufzucht von Bachforellen (in €/kg Zuwachs).....	38
Tab. 10: .Lebendgewichte, Schlachtkörperausbeute und Filetgewichte der Bachforellengruppen bei Handzerlegung.....	40
Tab. 11: .Chemische Zusammensetzung und mittlerer pH-Wert der Filets der Bachforellen	41
Tab. 12: .Vergleich von Eiweiß-Inhaltsstoffen im Fischmuskelextrakt.....	43
Tab. 13: .Vergleich von Fettsäuregruppen und ausgesuchten Fettsäuren im Fischmuskel der Bachforellen und im Futter	46
Tab. 14: .Selengehalte im Futtermittel und im Muskelfleisch von Bachforellen.....	47
Tab. 15: .Vergleich der Zusammensetzung der in Phase III eingesetzten Futtermittel beider Fischarten	57
Tab. 16: .Wasserqualitätsparameter während der Aufzucht der Seesaiblinge.....	58
Tab. 17: .Futterkosten bei der Aufzucht von Seesaiblingen (in €/kg Zuwachs).....	67
Tab. 18: .Mittlere Lebendgewichte, Schlachtkörperausbeute und Filetgewichte der Seesaiblingsgruppen bei Handzerlegung	69
Tab. 19: .Chemische Zusammensetzung, mittlerer Bruttoenergiegehalt und pH- Wert der Filets der Seesaiblinge.....	70
Tab. 20: .Chemische Zusammensetzung und Bruttoenergiegehalt der Seesaiblinge (Ganzkörper)	72
Tab. 21: .Durchschnittliche Zusammensetzungen von Ganzkörper und Filets der vier Seesaiblings-Gruppen	73
Tab. 22: .Vergleich von Eiweiß-Inhaltsstoffen im Muskelextrakt der Seesaiblinge.....	74
Tab. 23: .Vergleich von Fettsäuregruppen und ausgesuchten Fettsäuren im Seesaiblings-muskel und Futter	77
Tab. 24: .Selengehalte im Futtermittel und im Muskelfleisch von Seesaiblingen	78

1 Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) finanzierten und von der Bundesanstalt für Landwirtschaft (BLE) betreuten Projektes wurde der Einfluss von Futtermitteln und der Fütterungsstrategie auf die Fischproduktion und die Produktqualität von ökologischen Fischereierzeugnissen untersucht.

Für die Untersuchungen wurden Bachforellen (*Salmo trutta fario* L.) und Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus* L.) unter den Produktionsbedingungen eines ökologischen Anbauverbandes (Naturland) aufgezogen. Darunter fallen die Aufzucht in naturnahen Teichen und begrenzte Höchstbesatzdichten (bis 10 kg/m^3), vor allem aber die Verwendung von zertifizierten Bio-Futtermitteln. Für die Aufzucht der Salmoniden wurden biozertifizierte Produktpaletten von drei Futtermittelherstellern herangezogen und mit der konventionellen Produktlinie eines weiteren Herstellers verglichen. Im Versuchsverlauf wurden die Futtermittel dem Wachstum der Fische angepasst. Neben den Futtermitteln wurde auch die Fütterungsstrategie untersucht. Dafür wurde eine täglich mehrmalige Automatenfütterung mit einer zweimaligen Handfütterung verglichen. Es erfolgten regelmäßige Kontrollen der Fischgesundheit und des Wachstumsverlaufs, und die Futtermengen wurden täglich dem Wachstum der Fische angepasst. Darüber hinaus wurden die wichtigsten Wasserparameter erfasst. Zum Abschluss der Aufzucht wurden die Wachstumsleistungen der Fütterungsgruppen und die Produktqualität einer repräsentativen Anzahl bestimmt.

Die Aufzucht der Bachforellen zeigte eine grundsätzliche Eignung aller Futtermittel. Innerhalb von 9,5 Monaten wuchsen die Forellen von durchschnittlich 30 g auf ein marktfähiges Schlachtgewicht heran, womit sich eine gesamte Aufzuchtdauer von 21,5 Monaten ergab. Wachstumsunterschiede ergaben sich aufgrund der verschiedenen Nährwerte der Futtermittel. Futtermittel mit hohen Fettanteilen von bis zu 25 % garantierten dabei ein rasches Wachstum. In der letzten Aufzuchtphase konnte allerdings nur ein geringer Zuwachs ermittelt werden, da die Bachforellen größtenteils die Geschlechtsreife erreichten. Dies wirkte sich auch negativ auf die Schlachtkörperausbeute aus. Die Futterverwertung lag mit Futterquotienten von 1 bis 2,5 in einem annehmbaren bis nicht akzeptablen Bereich. Aufgrund der höheren Preise für zertifizierte Futtermittel ergab ein Vergleich der Futterkosten pro kg Zuwachs von 1,61 €/kg für die konventionell gefütterten Bachforellen und durchschnittlich 2,30 €/kg bei den Biofuttermitteln (+ 43 %).

Die Aufzucht der Seesaiblinge von 32 g bis zum Erreichen einer schlachtfähigen Größe dauerte 10,5 Monate (gesamte Aufzuchtdauer: 22,5 Monate). Im Gegensatz zu den Bachforellen war die Produktion durch ein abweichendes Fressverhalten, eine geringere Wachstumsleistung, höhere Krankheitsanfälligkeit und einen frühzeitigen Beginn der Gonadenreife gekennzeichnet. Dies war unabhängig von der Auswahl der Futtermittel und zeigt, dass die Produktion von Seesaiblingen unter den Voraussetzungen eines ökologischen Anbauverbandes Risiken birgt. Dies wird besonders deutlich beim Kostenvergleich der Futtermittel: 3,10 €/kg Zuwachs ergaben sich bei dem konventionellem Futtermittel, während die Fütterung mit Bio-zertifiziertem Futter im Durchschnitt 6,22 €/kg Zuwachs kostete. Darüber hinaus scheinen Besatzdichten von $< 10 \text{ kg/m}^3$ nicht für die Produktion von Seesaiblingen geeignet zu sein. Die Auswahl der geeigneten Fütterungsstrategie kann zu einem verbesserten Ergebnis beitragen. Besonders in den letzten Monaten war die Aufzucht bei beiden Fischarten von einer diskontinuierlichen Futteraufnahme geprägt. Während bei der Handfütterung umgehend darauf reagiert werden konnte, war dies bei Automaten-

fütterung nur eingeschränkt möglich. Dies kann zu Futterverlusten und einer zusätzlichen Belastung des Wassers führen.

Die Analyse der Produktqualität zeigte, dass weder die eingesetzten Futtermittel noch die unterschiedlichen Fütterungsstrategien zu einem systematischen Unterschied bei den bestimmten chemischen, instrumentellen und sensorischen Parametern der Fische führten. Die Fische wurden generell als sehr gut bewertet. Die Grundzusammensetzung des essbaren Anteils aller Bachforellen lag im handelsüblichen Bereich. Bei den Seesaiblingen fehlen bisher vergleichbare Ergebnisse aus der Praxis. Die Analysen der Aminosäuremuster und der Fettsäurezusammensetzung im Filet wiesen bei allen Gruppen einen hohen Gehalt von Taurin und den essentiellen Fettsäuren der n-3- und n-6-Reihen nach und verdeutlichen damit die hohe Bedeutung von Fisch für die menschliche Ernährung.

Es konnte nachgewiesen werden, dass für die getesteten modernen Biofuttermittel sehr hochwertige Rohstoffe verwendet wurden, die mindestens eine gleichwertige Wachstumsleistung wie konventionelle Futtermittel garantieren. Auch die Analyse des verzehrbaren Anteils zeigte, dass moderne Biofuttermittel hohe Produktqualitäten liefern, die vergleichbar sind mit Fischen aus konventioneller Zucht. Allerdings sind die Preise der Biofuttermittel bedeutend höher, so dass die Futterkosten pro kg Zuwachs etwa 40-50 % höher ausfallen. Weitere Kosten fallen bei der Produktion von Bio-Salmoniden im Rahmen von zusätzlichen Kontroll- und Reinigungsarbeiten an. Schlussfolgernd ist die Produktion von Bachforellen nach Vorgaben von ökologischen Anbauverbänden durchaus möglich, während die Aufzucht von Seesaiblingen nur mit Einschränkungen wirtschaftlich möglich scheint.

2 Summary

In this project the influence of feed composition and feeding strategy on organic fish production and fish quality was assessed. The project was financed by the “German Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV)” and supervised by the “German Federal Office for Agriculture and Food (BLE)”.

Two fish species, Brown trout (*Salmo trutta fario* L.) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), were raised to market size according to the organic guidelines of “Naturland”, a German founded association for organic agriculture. As part of the organic production, the production in earthen ponds, a strict stocking density (max 10 kg/m³) and the use of certified organic feeds is required. Three certified organic trout feeds of different suppliers were tested against each other in a growth trial. A control group was fed a standard trout diet. Additionally the effect of the feeding strategy, hand feeding (2 times/day) compared to automated feeding (continuous), was investigated. The feeding levels were adjusted throughout the experiment according to the growth performance of the animals. Also, standard water quality parameters and fish health were regularly recorded. Upon reaching average standard market size, the growth performance and product quality of the fish was analysed and compared.

The brown trout groups showed comparable and acceptable growth performances throughout the trial for all used feed stuffs. The fish reached market size in 9.5 months. Size differences during harvest were explained by feed composition with high energy feeds (fat content up to 25 %) performing better in the early stages of the trial. Growth in the last months of the experiment was retarded due to the high level of maturity in the fish.

As expected, the high level of maturity directly affected filet quality and weight. The feed conversion ratio (FCR) was ranging between 1.0 and 2.5, from acceptable to economically unfeasible. It was seen, that costs of organic feed stuffs are higher compared to standard diets due to more expensive certified raw products. The costs for feed/kg fish growth ranged from 1.61 €/kg for the standard diet compared to 2.30 €/kg for the organic feeds.

Arctic charr had a worse overall performance in the experiment than Brown trout. The fish reached harvest size after 10.5 months. Slower growth rates, early maturation and a lower overall disease resistance added up to an economically sub-optimal cost/growth ratio. The costs for the standard diet were 3.10 €/kg compared to the organic 6.22 €/kg growth. The required stocking density of $< 10 \text{ kg/m}^3$ appears to be too low for Arctic charr, leading to a reduced and varying feed intake. The right feeding strategy can be used to counteract this discontinuous feed uptake. It was seen, that adaptable hand feeding with direct observation of fish behaviour during feeding yields better growth results, less food spillage and associated better water quality in the ponds. In an automated feeding regime depending on calculated feeding tables, daily feed corrections are more difficult and feed loss is inevitable.

The analysis of the fish end-product quality showed no differences between the different feeds or the feeding strategy. No significant differences were found for the chemical, physical, instrumental or sensory parameters analysed during the quality testing. Overall the product quality was good and within the accepted range for food quality. The body composition of the filets was in line with average market quality. In Arctic charr this study was the first to investigate filet body composition and will be used as a baseline for further studies. Both fish species and all groups had high amounts of taurine and omega-3 and omega-6 fatty acids, highlighting the healthy and important role of fish in human diets.

The tested modern organic feed stuffs yielded similar production values compared to standard diets. High value raw materials in modern organic feeds guarantee a comparable growth to standard, conventional feed stuffs. The product quality of the organic end product was comparable to established conventional fish product. The overall costs for organic fish production is higher, due to higher feed and production prizes, because of strict maximum production limits requested by organic certifiers. Feed costs alone cause a 40-50% price increase in the end product. It was shown that organic Brown trout production is economically feasible, whereas the organic production of Arctic charr is difficult and production guidelines need to be revised.

3 Einleitung

3.1 Gesamtziel des Vorhabens und Bezug zu förderpolitischen Zielen

Die Marktleistung und die Produktionskosten bestimmen die Wirtschaftlichkeit im Betrieb. Eine Steigerung der Marktleistung ist nur über höhere Produktionsmengen oder Preise zu realisieren. Beides ist nur mit gesunden Fischen und guter Produktqualität zu erreichen. Dies erfordert wiederum den Einsatz hervorragender Futtermittel mit einem ausgewogenen Preis/Leistungsverhältnis, um die Produktionskosten niedrig zu halten.

Das Gesamtziel des Vorhabens sind Handlungsanweisungen und Fütterungsempfehlungen zur ökologischen Produktion von Fischen der Teichwirtschaft unter Verwendung moderner Öko-Futtermittel. Schwerpunkte sind dabei Leistungs- und Umweltzahlen sowie die

Qualität der erzeugten Fische. Damit leistet das Forschungsvorhaben einen Beitrag zu den deutschen förderpolitischen Zielen für den Bereich Aquakultur des Bundesprogramms Ökologischer Landbau. Die geplanten Untersuchungen betreffen insbesondere den im Programm aufgeführten thematischen Förderschwerpunkt: „Einfluss von Futtermitteln und der Fütterungsstrategie auf die Produktqualität von ökologischen Fischereierzeugnissen“ einschließlich aller Unterpunkte.

Einige Forschungsprojekte zur Produktion von Regenbogenforellen nach Vorgaben von Ökoverbänden zeigten, dass Öko-Futtermitteln hinsichtlich Wachstum, Futterverwertung und Proteinauswertung noch nicht die Leistung von konventionellen Futtermitteln erreichen. Aufbauend auf diesen Erfahrungen sollen am Institut für Fischerei in Starnberg inzwischen auf dem Markt erhältliche moderne Öko-Futtermittel und verschiedene Fütterungsstrategien gezielt getestet werden. Geplant ist die Einbeziehung mehrerer für den Biomarkt wichtiger Fischarten der Teichwirtschaft. Vor allem die Optimierung der Produktion steht hierbei im Vordergrund. Dieser für den Züchter wichtige Aspekt ist für den Verbraucher dagegen von nachgeordneter Bedeutung. Für ihn ist die Produktqualität von ökologischen Fischereierzeugnissen das wichtigste Kaufkriterium. Es ist daher entscheidend für den Markterfolg, hochwertige Produkte von möglichst gleich bleibender Qualität anzubieten. Gerade Bioprodukte sind dabei ein sehr sensibles Marktsegment.

Da die Qualität der Nahrung und die Intensität der Fütterung Zusammensetzung, Aroma, Farbe und Textur des Fischfleisches beeinflussen, ist die Erfassung der chemisch-physikalischen und sensorischen Parameter unabdingbar für eine vollständige Bewertung der Aufzuchtergebnisse. Insbesondere die sensorische Analyse mit einem geschulten Panel von Sachverständigen wie es im Forschungsbereich des Max Rubner Institutes in Hamburg zur Verfügung steht, ermöglicht es dabei, sinnlich wahrnehmbare Produktunterschiede mit Profilprüfungen nicht nur zu beschreiben, sondern in Form von Skalen auch zu messen. Die Ergebnisse ermöglichen Aussagen darüber, ob für den Verbraucher erfassbare und relevante Unterschiede zwischen den verschiedenen Produktionsformen bestehen.

3.2 Vorgesehener Arbeitsplan

Das Projekt besteht aus 5 Abschnitten:

- Aufzucht von Bachforellen unter kontrollierten Bedingungen
- Qualitätsbeurteilung der Bachforellen
- Aufzucht von Seesaiblingen unter kontrollierten Bedingungen
- Qualitätsbeurteilung der Seesaiblinge
- Auswertung und Erarbeitung einer Handlungsanweisung
- Die Qualitätsbeurteilung sollte im Einzelnen umfassen:
 - Chemische Zusammensetzung (Nährstoffanalyse): Bestimmung der Zusammensetzung des essbaren Anteils an mindestens jeweils 20 Fischen pro Fütterungsversuch (10 x Handfütterung, 10 x Automatenfütterung)
 - Wertbestimmende Inhaltsstoffe (Fettsäurezusammensetzung, freie Aminosäuren, Selen): Bestimmung an Poolproben je Fütterungsversuch

- Physikalische Parameter (Farbe, Wasserbindung, pH-Wert): Bestimmung an jeweils 10 Fischen pro Fütterungsversuch
- Aromaprofilanalyse (Elektronische Nase): Bestimmung an jeweils 10 Fischen pro Fütterungsversuch
- Sensorische Beurteilung mit verschiedenen Bewertungsschemata

3.3 Erreichte Ziele

Im Projektverlauf konnten alle wesentlichen Ziele des Arbeitsplans erreicht werden. Sowohl die Aufzucht der Bachforellen, als auch der Seesaiblinge konnte erfolgreich bis zur Speisefischgröße durchgeführt werden, wobei sämtliche Leistungseigenschaften erfasst wurden. Die Qualitätsbeurteilung erfolgte wie geplant. Bei den Seesaiblingen wurde über den Arbeitsplan hinaus zusätzlich eine Ganzkörper-Nährstoffanalyse der Ausgangs- und Endqualität durchgeführt, um die Protein- und Energieretention der Fütterungsgruppen zu bestimmen. Die Erstellung eines Flyers zur Bioforellenproduktion steht noch aus.

4 Literaturrecherche

4.1 Allgemeines

Einer der Hauptforschungspunkte in der modernen Aquakultur ist die Substitution von Fischöl und Fischmehl durch pflanzliche Inhaltsstoffe. Der Zenit der Menge an Fisch, die durch Meeresfischerei gefangen werden kann, ist erreicht, dagegen wird der Aquakultursektor in vielen Ländern ausgebaut (FAO 2008). Um dem Problem der Überfischung der Meere und dem Wachsen des Aquakultursektors mit der einhergehenden Nachfrage nach Fischfutter gerecht zu werden, müssen Futtermittel mit niedrigerem Anteil an Fischmehl und Fischöl erzeugt oder alternative Rohstoffquellen, wie Schlachtabfälle aus der Fischverarbeitung genutzt werden.

Die Fütterung von karnivoren Fischarten mit auf pflanzlicher Basis hergestellten Futtermitteln stellt eine besondere Herausforderung dar. Pflanzliche Inhaltsstoffe müssen zum Teil aufwendig verarbeitet werden. Probleme treten zum Beispiel in Hinsicht auf ANFs (Anti Nutritional Factors) so wie Protease Inhibitoren (PIs) auf. Protease-Inhibitoren sind Moleküle, die Peptidasen hemmen und damit den Abbau von Proteinen verhindern können (Francis et al. 2001). Desweiteren sind pflanzliche Inhaltsstoffe bezüglich geringer Anteile essentieller Aminosäuren wie Lysin und Methionin problematisch (Gaylord et al. 2004). Dennoch werden pflanzliche Inhaltsstoffe inzwischen zunehmend von der Futtermittelindustrie verwendet.

Fischöl, einer der Hauptenergieträger in jedem Fischfuttermittel, kann durch pflanzliche Öle (Sojaöl) oder durch gut verdauliche Kohlenhydrate (Zucker, Stärke) (teilweise) substituiert werden (Almaida-Pagan et al. 2007, Drew et al. 2007).

Fischöl- und Fischmehl-Derivate wurden vor allem in Bezug auf Nährwerte, Aminosäure- und Fettsäuremuster in verschiedenen Fischarten untersucht.

Beispiele:

- Spitzbrasse (*Diplodus puntazzo*) (Almaida-Pagan et al. 2007)
- Weißer Stör (*Acipenser transmontanus*) (Xu et al. 1993)
- Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) (Thu et al. 2007)
- Silberbarbe (*Barbus choloensis*) (Mohanta 2007)
- Zackenbarsch (*Epinephelinae*) (Lin et al. 2007)
- Sibirischer Stör (*Acipenser baerii*) (Schmidt et al. 2006)
- Europäischer Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) (Schmidt et al. 2008)

In den letzten Jahren wurden Aminosäuremuster im Futter und Auswirkungen auf fast alle wirtschaftlich wichtigen Fischarten erforscht.

Der Zusammenhang zwischen dem Futtermittel und der optimalen Gesundheit von Fischen ist von Relevanz. Die Idee basiert auf der Fragestellung, ob ein Futtermittel(-zusatz) Einfluss auf die artgerechte Aufzucht von Fisch haben kann. Das Wohlbefinden („Animal welfare“) kann durch das Verhalten der Tiere bestimmt werden, und das Verhalten gibt Auskunft über den Zustand des Fisches. Aggression, Apathie, Schwimmaktivität, stereotypes Verhalten, Stressreaktionen und Schwarmverhalten sind Indikatoren dafür. Am Beispiel der Fettköpfigen Elritze (*Pimephales promelas*) wurde der direkte Einfluss der Ernährung auf das Wohlbefinden getestet (Lochmann und Kumaran 2006).

Leistungs- oder Herkunftsvergleiche sind eine in der Fischereiforschung häufig verwendete Vorgehensweise zur Untersuchung der Eignung neuer Fischarten, Haltungstechnologien oder Futtermittel für die Aquakultur (Morkramer et al. 1985; Biester 1986; Wedekind 1991). Eine Eignung eines Futtermittels kann in einem einfachen Versuch getestet werden. Beispielsweise untersuchten Müller-Belecke und Zienert (2006) in einem Futtermittelversuch mit Streifenbarschhybriden (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*) vier verschiedene Futtermittel in identisch ausgestatteten Haltungseinheiten und evaluierten so Unterschiede, die durch verschiedene Futtermittel auftreten können.

In Zusammenhang mit einer angepassten Rezeptur des Futtermittels, kommt es, vor allem bei den Bio-Produkten, schnell zu der Frage, ob die sensorische Produktqualität der Fische durch die Futtermittel beeinflusst wird.

Die Produktion von „Biokarpfen“ und Nebenfischen der Karpfenteichwirtschaft nach ökologischen Richtlinien wird seit mehreren Jahren erfolgreich praktiziert und ist allseits akzeptiert. Die Produktion von „Bioforellen“ und deren Nebenfischen (z. B. Saiblinge) nach Ökorichtlinien hat bisher in Deutschland nur eine geringe Bedeutung (ca. 100-200 t/a, Reiter 2009). Als karnivore Fische sind Salmoniden im hohen Maße auf die Zufütterung tierischer Rohstoffe angewiesen. Ein Mindestgehalt an essentiellen Aminosäuren und Fettsäuren ist für eine bedarfsgerechte Ernährung dringend erforderlich. Für diese Anforderungen sind Fischmehl und Fischöl am besten geeignet, deren Verwendung aber im Ökobereich umstritten ist. Üblicherweise wird Meeresfisch als Rohstoffgrundlage verarbeitet. Einige Ökoverbände setzen auf nachhaltige Fischerei zur Schonung bedrohter Meeresfischbestände und den Verzicht auf Industriefischerei, bei der Meeresfische speziell zur Fischmehlerzeugung gefangen werden.

Ein weiterer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit ist der Einsatz von Schlachtkörperresten aus der Speisefischverarbeitung von Meeresfischfängen. Hierbei kann die Rohstoffzusammensetzung jedoch negativen Einfluss auf Inhaltsstoffe und Verwertbarkeit des Fut-

ters haben. Andere alternative Eiweiß- und Energiequellen werden aus Kosten- und Ressourcenschutzgründen händeringend gesucht. Die Industrie und Forschung untersuchen seit einigen Jahren den Einsatz pflanzlicher Substitute. Deren Obergrenze wird in der Regel durch den physiologischen Bedarf der Fische vorgegeben. Mittlerweile ist es gelungen, bei der Anfertigung bedarfsgerechter Forellenfuttermittel das Fischmehl vollständig durch pflanzliche Proteinquellen zu substituieren (Brinker und Reiter 2011). Weitere alternative Rohstoffquellen zur bedarfsgerechten Ernährung von Salmoniden sind bisher noch nicht über den Versuchsmaßstab hinaus gekommen. Die Gewinnung von Fischmehl und -öl aus Süßwasserfischen wäre denkbar, z. B. aus nicht vermarktbareren Massenfischen (Weißfischen) und Schlachtkörperresten aus der Fischproduktion und der Binnenfischerei. Daneben gibt es auch Bestrebungen, Insekten als Rohstoffquelle zu nutzen (Ogunji et al. 2007). Sinnvolle Energie und Ressourcen schonende, sowie kostengünstige Lösungen müssen noch evaluiert werden. Moderne Verfahren zur Futterherstellung, vor allem das Entfernen von Skelettanteilen bei der Nutzung von Schlachtkörperresten und das Extrudieren, besonders bei hohen Anteilen pflanzlicher Rohstoffe, sind hier zu nutzen. Hochwertige Futtermittel mit einer guten Futtermittelverwertung und geringer Wasserbelastung sind anzustreben.

Die Auswirkungen des Einsatzes von Öko-Futtermitteln auf die Fischproduktion und die Produktqualität in Abhängigkeit von der Fütterungsstrategie (Wahl der Futtermittel, Fütterungsintensität und Fütterungsintervall) wurden bisher nur bei der Regenbogenforelle ansatzweise erforscht. Das Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow hat im Jahr 2002 einen Vergleich eines konventionellen mit einem „ökologischen“ Forellenfuttermittel durchgeführt (Wedekind 2003).

Am Institut für Fischerei Starnberg der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurde 2002 bis 2004 ein Projekt zur Produktion von Forellen nach Vorgaben von Ökoverbänden unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und Fleischqualität durchgeführt (Pereira de Azambuja und Reiter 2005a und b, 2006).

Die bei diesen beiden Projekten verwendeten Futtermittel lagen in Qualität, Verwertbarkeit und Preiswürdigkeit hinter konventionellen Futtermitteln zurück.

Das jetzige Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch des MRI (ehemals Institut für Fischereitechnik und Fischqualität) und das Institut für Fischereiökologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg verglichen 2002 – 2004 in einem Projekt des ökologischen Landbaus die Qualität von Regenbogenforellen aus konventioneller und ökologisch zertifizierter Aufzucht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von „Bioforellen“ (Karl und Hilge 2004). 2004 – 2006 führten beide Institute in einem Folgeprojekt Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungsanweisung für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe durch (Manthey-Karl und Hilge 2007).

Als wesentliches Ergebnis dieses Projektes wurde ein praxisorientierter Leitfaden zur Räucherung von Forellen im DLG-Verlag aufgelegt (Manthey-Karl 2008). In einem Fütterungsversuch am Institut für Fischerei wurden 2005 Untersuchungen zur Leistung und Wasserbelastung von modernen ökologischen und konventionellen Forellenfuttermitteln durchgeführt (Eimer 2006, Reiter 2006a). In keiner der hier genannten Studien konnten gravierende Unterschiede in der Fleisch- bzw. Produktqualität zwischen ökologisch und konventionell erzeugten Regenbogenforellen festgestellt werden. Andere Fischarten wurden diesbezüglich bisher nicht untersucht.

Bei der Aufzucht von Biofischen stellen sich eine Reihe weiterer Fragen. Die Bioverbände haben hierzu Richtlinien für die Erzeugung von zertifizierten ökologischen Aquakultur Produkten erlassen.

4.2 Wasserqualität

Im Gegensatz zur Karpfenteichwirtschaft ist die Forellenteichwirtschaft durch einen kontinuierlich hohen Wasserbedarf gekennzeichnet. Neben einer ausreichenden Wassermenge sind eine Reihe von Qualitätskriterien zu beachten. Im Allgemeinen steigen der Appetit und das Wachstum bei Fischen mit zunehmender Temperatur bis zu einem Optimum an, um darüber hinaus wiederum schnell nachzulassen (Brett 1979). Natürlicherweise kommen Salmoniden in sommerkühlen Gewässern vor, auch in der Teichwirtschaft sollte die Wassertemperatur in einem Bereich zwischen 10 und 16° C liegen (Tabelle 1). Temperaturen außerhalb dieses Bereiches führen bei Forellen zu einer schlechteren Futterverwertung, einer reduzierten Wachstumsleistung und einer zunehmenden Anfälligkeit gegenüber Krankheiten. Nach Larsson und Berglund (2005) kann für Seesaiblinge ein optimales Wachstum bei einer Temperatur um 15° C angenommen werden. Die beste Futterverwertung und Wachstumseffizienz erreichen Seesaiblinge jedoch bei Temperaturen darunter. Unter den teichwirtschaftlichen Aufzuchtbedingungen sind Temperaturen um 12° C zu empfehlen, da sich mit steigender Temperatur der Sauerstoffbedarf und die Ammoniumexkretion erhöhen (Lyytikäinen and Jobling 1999) und ab 15° C die Gefahr von Bakteriosen und Pilzerkrankungen zunimmt (Glebe and Turner 1993). Forellen sind auf einen ausreichend hohen Sauerstoffgehalt im Wasser angewiesen, Bohl gibt einen optimalen Bereich zwischen 9 und 11,5 mg/l an. Auch Seesaiblinge haben einen hohen Bedarf an Sauerstoff, jedoch ist er im Vergleich zu anderen etwas Salmonidenarten geringer (Jørgensen et al. 1991). Nach Saether (2010) sollte aber auch bei Seesaiblingen eine Sauerstoffsättigung von 70 % nicht unterschritten werden. Der Gehalt an im Wasser gelösten Kohlendioxids steht in Verbindung mit der Alkalinität und dem pH-Wert. Zu hohe Gehalte können zu Sauerstoffmangel der Fische führen. Für Forellen gibt Bohl (1999) einen Optimalwert von 25 mg/l an. Johnston (2002) empfiehlt für Seesaiblinge Konzentrationen unter 10 mg/l bei einer Alkalinität unter 100 mg/l und unter 15 mg/l bei höherer Alkalinität des Haltungswassers. Der pH-Wert beeinflusst viele Wasserparameter und Stoffwechselreaktionen. Deshalb sollte er in der Forellenteichwirtschaft möglichst stabil in einem Toleranzbereich zwischen 5 und 9 liegen. Optimal bei der Aufzucht von Forellen gilt ein Bereich zwischen 6,5 und 8. Seesaiblinge gelten vergleichsweise als weniger sensibel gegenüber pH-Wert Schwankungen. Für gutes Wachstum sollte aber auch bei ihnen der pH zwischen 6,5 bis 8,5 liegen (Jobling et al. 1993a). Ammonium bildet ein pH-abhängiges Dissoziationsgleichgewicht mit dem für Fische giftigen Ammoniak, weiter beeinflussen auch Salinität und Temperatur die Toxizität. Die NH₃ Konzentration sollte für Brut und juvenile Fische unter 0,01 mg/l gehalten werden, während der weiteren Aufzucht sollten die Konzentrationen unter 0,02 mg/l liegen. Nitrit ist eine fischtoxische Stickstoffverbindung, die Werte sollten im Höchstfall 0,2 mg/l nicht überschreiten. Nitrat ist dagegen erst in deutlich höheren Konzentrationen schädlich für Salmoniden. Allerdings liegt der Grenzwert mit 30 mg/l deutlich unter den Toleranzgrenzen von Warmwasserfischen.

Tab. 1: Wasserqualitätskriterien für Salmoniden (Bachforellen) (nach Bohl 1999)

Parameter	Optimalwert	Einheit	Grenzwert
Wassertemperatur	10-16	°C	
Sauerstoff (O ₂)	9,0-11,5	mg/l	min 70% Sättigung
Kohlendioxid (CO ₂)	25	mg/l	
Gesamtgassättigung	100	%	max. 102%
pH-Wert	6,5-8,0		
Ammoniak (NH ₃)	<0,02	mg/l	
Nitrit (NO ₂)	<0,2	mg/l	
Nitrat (NO ₃)	30	mg/l	
Eisen (Fe)	0,3	mg/l	

4.3 Beispiel: „Naturland“-Richtlinien für die Ökoforellenproduktion (11/2008), relevante Aspekte

Von Naturland sind folgende Grundsätze gefordert:

4.3.1 Standortwahl, Wechselwirkungen mit umliegenden Ökosystemen

Durch Standort und Bewirtschaftungsform des Betriebes dürfen die umliegenden Ökosysteme nicht beeinträchtigt werden. Durch geeignete Maßnahmen sind insbesondere eine Belastung durch Ablaufwässer sowie das Entweichen gehaltener Tiere zu vermeiden. Bei Neuanlagen bzw. Erweiterungsbauten dürfen natürliche Pflanzengemeinschaften nicht nachhaltig geschädigt werden.

Durch Gestaltung und Bewirtschaftung der Betriebsfläche soll gewährleistet werden, dass die bewirtschafteten Wasserflächen ihre, von den jeweiligen geographischen Gegebenheiten abhängigen, ökologischen Funktionen beibehalten (Laichgebiet für Amphibien und Wasserinsekten, Rastplatz für Zugvögel, Wanderwege für Fische). Zu diesem Zweck sind insbesondere ausreichend große Flächen mit naturnahem Pflanzenbestand (Schilf, höhere Wasserpflanzen) zu erhalten oder neu zu entwickeln.

Bei der Abwehr fischfressender Vögel und anderer Tierarten von der Betriebsfläche sind Maßnahmen zu bevorzugen, die diese Tiere nicht schädigen (durch Netze, Greifvogeltrappen).

4.3.2 Art und Herkunft der Besatztiere

Als Besatz sind natürlich im Gebiet vorkommende Tierarten zu bevorzugen. Der Gefahr des Entweichens beziehungsweise der Einschleppung von Organismen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Freigewässer muss vorgebeugt werden.

Die Besatztiere (Eier bzw. Laichfische, Brütlinge, Setzlinge) müssen von anerkannten ökologisch wirtschaftenden Betrieben stammen. Gentechnisch manipulierte (transgene) beziehungsweise durch Polyploidisierung oder durch Gynogenese entstandene Organismen sind als Besatztiere ausgeschlossen. Die Tiere müssen mindestens 2/3 ihrer Lebenszeit richtliniengemäß aufgezogen worden sein, bevor sie als Ökofisch vermarktet werden dürfen.

Ziel ist eine natürliche Fortpflanzung bzw. Laichgewinnung. Der Einsatz von Hormonen, auch arteigener, ist verboten. (FAO 2008, Naturland 2008).

4.3.3 Einrichtung der Haltungssysteme, Wasserqualität, Besatzdichte

Die Haltungsbedingungen müssen das Ausleben arteigenen Verhaltens ermöglichen; dazu gehören insbesondere das Bewegungs-, Ruhe-, Nahrungsaufnahme- und Sozialverhalten. Die Haltungssysteme sind mit besonderer Rücksicht auf Besatzdichte, Bodengrund, Versteckmöglichkeiten, Beschattung und Strömungsverhältnisse zu gestalten.

Die Wasserqualität (Temperatur, pH-Wert, Salinität, Sauerstoffgehalt, Ammonium-, Nitratkonzentration) muss die natürlichen Bedürfnisse der jeweiligen Tierart erfüllen.

4.3.4 Gesundheit und Hygiene

Der Bestand ist ständig hinsichtlich seines Gesundheitszustandes zu überprüfen, und die Tiergesundheit ist in erster Linie durch vorbeugende Maßnahmen zu sichern (z.B. optimale Haltungsbedingungen, Züchtung, Fütterung). Naturheilverfahren sind im Krankheitsfall vorzuziehen. Nur nach Diagnosestellung und Verordnung durch einen Tierarzt dürfen herkömmliche Arzneimittel eingesetzt werden; im Anschluss daran muss mindestens die doppelte vorgeschriebene Wartezeit (Absetzzeit) eingehalten werden. Routinemäßige und prophylaktische Behandlungen mit chemisch-synthetischen Arzneimitteln sowie Hormonen sind nicht zugelassen.

Nach dem Einsatz konventioneller Mittel muss vor der Vermarktung Rückstandsfreiheit durch geeignete Analytik belegt werden.

Erlaubte Maßnahmen durch den Halter, auch routinemäßig oder prophylaktisch, sind der Einsatz natürlich-physikalischer Verfahren (vor allem Trockenlegen, Ausfrieren) sowie der Einsatz rückstandsfreier anorganischer Verbindungen (Wasserstoffperoxid H_2O_2 , Kochsalz $NaCl$, Kalk $CaCO_3$, Branntkalk CaO , Natriumhypochlorid $NaOCl$), und der Einsatz natürlich vorkommender nichtrückstandsbildender organischer Verbindungen (Peressigsäure, Zitronensäure, Ameisensäure, Alkohol).

Der Einsatz jeglicher Mittel muss von Naturland genehmigt werden, insbesondere um Konflikte mit Zielen des Natur- und Tierschutzes auszuschließen, die durch den Einsatz entstehen könnten.

4.3.5 Sauerstoffversorgung

Die Grundlage für die Erzeugung bilden die natürlichen physikalischen Verhältnisse im Gewässer (Zulaufmenge, Strömungsverhältnisse, Temperatur, Wasserchemismus). Maßnahmen zur Belüftung dürfen nicht dazu dienen, die Besatzdichten unzulässig zu erhöhen.

4.3.6 Fütterung

Art, Menge und Zusammensetzung des Futters muss sich an der natürlichen Ernährungsweise der Tierart orientieren. Hinweise darauf geben vor allem die Aktivität und die Kondition der Tiere (z.B. Korpulenzfaktor, Fettansatz).

Sämtliche Futtermittel pflanzlichen Ursprungs müssen nach den Naturland-Richtlinien, respektive nach IFOAM-Standard (International Federation of Organic Agriculture Movements, 2009) erzeugt sein. Wenn in einer bestimmten geographischen Region Futtermittel aus ökologischem Anbau nicht in ausreichender Menge oder Qualität zur Verfügung stehen (Nachweispflicht durch den Betrieb), kann der Einsatz von maximal bis zu 10 %

pflanzlichen Futtermitteln aus konventioneller Landwirtschaft beantragt werden, und zwar für: Getreide, Sojabohnen und Maniok. Zusätzlich sind Futtermittel tierischen Ursprungs in begrenztem Umfang und definierter Herkunft zulässig.

Müssen zur Haltung karnivorer Tierarten mit erhöhtem Proteinbedarf Futterbestandteile tierischen Ursprungs (Fischmehl/-öl) eingesetzt werden, gelten die nachfolgend aufgeführten Grundsätze: Der Anteil tierischer Futterbestandteile ist, soweit ernährungsphysiologisch sinnvoll, durch pflanzliche Produkte zu ersetzen. Wird Futter eingesetzt, das nicht aus den aquatischen Nahrungsketten der Fischzucht stammt, muss der Anteil tierischer Futterbestandteile weniger als 100 % betragen. Futtermittel dürfen nicht aus konventionell erzeugten Land- oder Wassertieren gewonnen sein. Um auf die verantwortliche Nutzung der Wildfischbestände hinzuwirken, werden an die Herkunft von Fischmehl/-öl besondere Anforderungen gestellt. Synthetische antibiotische und wachstumssteigernde Substanzen sowie sonstige synthetische Futterzusatzstoffe (z.B. synthetische Aminosäuren, Farbstoffe) sind nicht zugelassen. Nach Genehmigung durch Naturland dürfen dem Futter natürliche Antioxidantien (z.B. Gallate, Tocopherole) zugesetzt werden.

4.4 Probleme und Diskussionspunkte

Viele der Vorschriften sind bewusst offen formuliert um ein Entgegenkommen zwischen Naturland und Produzent zu ermöglichen. Rigide Vorschriften werden unter der Beschreibung von „artgerecht“ und „arteigen“ abgeschwächt, um den praktischen Ablauf der Fischzucht nicht allzu sehr zu beeinträchtigen.

Die Richtlinien fordern einerseits eine möglichst artgerechte Haltung, doch negieren sie zum Teil durch die Richtlinien die Ausführung derselben. Am Beispiel der artgerechten Haltung zeigt sich eines der Dilemmas in dieser Diskussion.

Artgerechte Haltung bezeichnet eine Form der Tierhaltung, die sich an den natürlichen Lebensbedingungen der Tiere orientiert und ihnen somit ermöglicht, natürliche Verhaltensweisen beizubehalten.

Der Begriff „artgerechte Haltung“ wird allgemein als paradox angesehen, da jedwede Haltung von Tieren außerhalb ihrer natürlichen Umgebung erfolgt. Die artgerechte Haltung stellt somit nur einen Kompromiss zwischen den natürlichen Bedürfnissen der Tiere und den wirtschaftlichen Interessen des Menschen dar.

Artgerechte Haltung, „animal welfare“, ist einer der Hauptansatzpunkte der Wertsteigerung in der modernen Tierhaltung. Potentielle Käufer legen mehr Wert auf „glückliche Tiere“ aus artgerechter Haltung und sind willens mehr Geld für diese Produkte zu bezahlen. Qualität statt Quantität, beziehungsweise Quantität mit Qualität definiert den modernen, bewussten Käufer. In der Aquakultur ist der Trend hin zu natürlichen, im Bestfall biologischen Produkten noch nicht so stark spürbar wie beispielsweise bei Freilandhühnern oder in der Rindermast.

Smola (2008) von „Trendbild“ Deutschland beschreibt die Situation des Ökoextrems wie folgt: „Bio boomt, das ist der Trend. Immer mehr Catering-Betriebe, Großküchen und Kantinen setzen auf Öko-Kost. Auch in den Sortimenten von Discountern und Supermärkten ist Bio mittlerweile angekommen, doch zum Ärger von Öko-Puristen geht hier der (Gegen)-Trend ebenso zum Fertiggericht.“

Auch bei der Aquakultur wird erwartet, dass der Konsument sich mehr für die Aufzuchtbedingungen in Fischzuchten interessieren wird. Es liegt auch im Interesse des Herstellers, dass der Fisch bestmöglich gehalten und verarbeitet wird. Ein Fehlen der perfekten Bedingungen führt unweigerlich zu Problemen in der Qualität und Quantität des Produktes/Fisches. Stress, einer der wichtigsten negativen Einflüsse bei nicht artgerechter Haltung kann beispielsweise zu geringerer Futteraufnahme, zu geringerem Wachstum und daraus resultierend zu geringerer Produktion führen (Lund et al. 2007).

Hauptanzeiger für/gegen artgerechte Haltung in der Aquakultur:

- Verhalten (Aggression, Teilnahmslosigkeit, Schwimmaktivität, stereotypisches Verhalten, Schwarmverhalten)
- Individualwachstum, Kondition
- Flossenschäden, Läsionen am Körper
- Verlustraten
- Krankheitsausbrüche und resultierende (medizinische) Behandlungsmaßnahmen
- Wachstumsraten, Futteraufnahme, Futterverwertung, Sauerstoffverbrauch
- Blutwerte in Bezug auf Stressfaktoren, Cortisol, Hitzeschock Proteine, Laktat- und Glukosewerte
- Erholungsgeschwindigkeit nach akutem Stress (Abfischen, Keschern etc.)

Auch in Bezug auf die optimale Besatzdichte muss die Sinnhaftigkeit der Biorichtlinien diskutiert werden. Besatzdichten sind ein Aspekt in Bezug auf das Wohlergehen der Tiere. Im Moment werden verschiedene geeignete Besatzdichten für verschiedene Fischarten definiert. Bio-Richtlinien richten sich dabei nach der „Weniger-ist-Besser“-Regel. Das Dichtekriterium der im deutschsprachigen Raum agierenden Bioverbände schreibt ein natürliches Sauerstoffangebot, beziehungsweise eine Besatzdichte von 10 kg/m³ und mindestens 70 % O₂-Sättigung am Ablauf vor (Pereira de Azambuja und Reiter 2006).

Die Besatzdichten sollten bei optimalen Verhältnissen das Wohlergehen der Tiere fördern. Prinzipiell sollte für jede Spezies und jeder Haltungsförm eine minimale und maximale Besatzdichte definiert werden, die auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht.

Ein Urteil über („Bio“-) Besatzdichten sollte ein breites Spektrum an wissenschaftlichen Daten in Bezug auf Ethologie, Physiologie, Ökologie, wirtschaftliche und soziale Aspekte beinhalten.

Als Beispiel sei der Seesaibling (*Salvelinus alpinus*) genannt, der als Schwarmfisch bei Besatzdichten < 20 kg/m³ schlechter als bei höheren Besatzdichten wächst. Eine maximale Besatzdichte mit optimalen Wachstumsraten liegt bei 50-70 kg/m³ (Wallace et al. 1988, Baker und Ayles 1986, Jørgensen et al. 1993). Bei guter Wasserqualität können hohe Wachstumsraten auch bei Besatzdichten über 100 kg/m³ erreicht werden (Wallace et al. 1988, Jørgensen et al. 1993). Siikavuopio und Jobling (1995) berichteten, dass bei Besatzdichten von 150 kg/m³ weniger Flossenschäden und Sterbefälle beobachtet wurden als bei einer Besatzdichte von 30 kg/m³. Brannas und Linner (2000) zeigten auch, dass negative Effekte bei einer zu geringen Besatzdichte von Seesaiblingen vorherrschen. Möglicherweise wird durch eine hohe Besatzdichte ein aggressives Verhalten unterdrückt, wogegen

das Territorialverhalten bei geringen Besatzdichten einen zusätzlichen energetischen Aufwand der Fische erfordert.

Die optimale Situation ist nicht einfach zu definieren: Brown et al. (1992) zeigten in einer Literaturrecherche, dass die optimalen Besatzdichten in Bezug auf Wachstumsraten bei 100-110 kg/m³ liegen, aber dass die Gesundheit der Tiere und die wirtschaftlichen Aspekte bei einer Besatzdichte zwischen 40-60 kg/m³ optimal sind.

Es ist offensichtlich, dass für einige Fischarten (Seesaibling, Tilapia-Arten (*Tilapia* spp.), Aale (*Anguilla anguilla*) eine höhere Besatzdichte vorteilhaft ist und zu besserem Wachstum und weniger Aggression führt (Fishwelfare 2008). Für Fischarten, die natürlicherweise in Schwärmen leben, sind geringe Besatzdichten nicht gesundheitsfördernd. Diese Aussage kann auch auf andere Fischarten zutreffen, wie den Heilbutt (*Hippoglossus hippoglossus*). Bei Heilbutten wurde gezeigt, dass die optimale Besatzdichte auch abhängig vom Lebensabschnitt sein kann (Ashley 2006).

Am Beispiel des Afrikanischen Kiemensackwelses (*Clarias gariepinus*) wurde in den letzten Jahren gezeigt, dass für diese Fischart ein Maximum und ein Minimum für die Besatzdichte gesetzt werden muss (Nieuwegiessen et al. 2005a und b, 2006).

Das Ziel dieser Arbeit beschränkt sich auf die Untersuchung des Einflusses der Fütterungsstrategie auf die Produktqualität von ökologischen Fischereierzeugnissen. Nichtsdestotrotz sind die Vorzüge und Schwachstellen einer ökologischen Aufzucht aufzuzeigen. Die Komplexität dieser Untersuchung erlaubt es nicht, Rückschlüsse von der Produktqualität ausschließlich auf die Fütterungsstrategie zu ziehen. Nur die Abwägung aller entscheidenden Faktoren kann Aufschluss über eine optimierte Bioproduktion von Salmoniden geben.

5 Material und Methoden

5.1 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei, Starnberg

Das Institut für Fischerei, mit der „Teichanlage zu den sieben Quellen“ befindet sich in Starnberg, Bayern und existiert seit circa 130 Jahren. Gespeist wird die Teichanlage von sieben Hangquellen, aus denen dann der Siebenquellenbach entspringt. Die Fischzucht wird zur Ausbildung und Forschung genutzt. Aus- und Fortbildung für Fischwirte und Fischwirtschaftsmeister sowie Weiterbildungskurse werden angeboten. Daneben wurden in den letzten Jahren wissenschaftliche Projekte forciert, die dank der hervorragenden Infrastruktur einen wesentlichen Beitrag zur praxisorientierten Forschung in Deutschland leisten.

Die Teichanlage des Instituts für Fischerei wurde vor 18 Jahren renoviert und neu aufgebaut. Im jetzigen Aufbau wird das Wasser der sieben Quellen in einem Zuleiterkanal aufgefangen, der die Teiche speist. Die Anlage verfügt über Erdteiche mit Kiessubstrat sowie über betonierte Versuchsteiche. Desweiteren sind Hälterbecken, Hälterinnen und zahlreiche kleine Rundstrombecken vorhanden, die einen geregelten Ablauf der Fischerzeugung ermöglichen. In einer Pflanzenkläranlage mit Absetzbecken und Mikrosiebfilter wird das Ablaufwasser geklärt. Das gereinigte Ablaufwasser wird in den Siebenquellenbach geleitet, welcher über den Georgenbach in den Starnberger See entwässert. Daneben stehen ein

Bruthaus, ein Schlachthaus mit Räucherei und diverse Verarbeitungsräume zu Verfügung. Der Zuleiter zu den Hauptteichen hat eine Grabensohle aus Rohkies auf gewachsenem Grund. Der Zuleiterkanal ist durch eine 3-7 m tiefe Eisenspundwand zur Teichseite hin abgedichtet. Das Drainagewasser wird an den Beginn des Zuleiterkanals zurückgepumpt um Wasserverluste auszugleichen, die durch die nicht abgedichtete Spundwand sickern. Die Teichzuläufe befinden sich jeweils in Spundwandnischen. Insgesamt steht der Teichanlage eine Wassermenge von etwa 90 l/s zur Verfügung.

5.2 Bachforellen (*Salmo trutta fario*, Linnaeus 1758)

Tab. 2: Systematik der Bachforelle

Überordnung	Echte Knochenfische (<i>Teleostei</i>)
Ordnung	Lachsartige (<i>Salmoniformes</i>)
Familie	Lachse und Verwandte (<i>Salmonidae</i>)
Gattung	Lachse und Verwandte (<i>Salmo</i>)
Art	Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>)
Unterart	Bachforelle
Wissenschaftlicher Name	<i>Salmo trutta fario</i> (Linnaeus 1758)

Der Ursprung der Bachforellen des Institutes für Fischerei, Starnberg lässt sich bis 1997 zurückverfolgen und entstand aus drei verschiedenen Bachforellenherkünften. Die Versuchsfische wurden in der Wintersaison 2007/2008 erbrütet. Die anschließende Anfütterung und die weitere Aufzucht erfolgten in Starnberg.

5.3 Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus*, Linnaeus 1758)

Tab. 3: Systematik des Seesaiblings

Überordnung	Echte Knochenfische (<i>Teleostei</i>)
Ordnung	Lachsartige (<i>Salmoniformes</i>)
Familie	Lachse und Verwandte (<i>Salmonidae</i>)
Gattung	Saiblinge (<i>Salvelinus</i>)
Art	Seesaibling
Wissenschaftlicher Name	<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus 1758)

Die ursprüngliche Planung, Seesaiblingseier einer kommerziell genutzten nordischen Herkunft am Institut für Fischerei zu erbrüten (*Salvelinus alpinus*), wurde verworfen, da es zu einem Totalausfall der Fische während der Anfütterung kam. Für den Versuch wurden deshalb Seesaiblinge in Setzlingsgröße zugekauft und äquivalent zu den Bachforellen bis zur Speisefischgröße aufgezogen. Die Seesaiblinge stammten aus der Fischzucht des Fischereivereins Berchtesgaden Königssee e. V. Der Stamm ist autochthon im Hintersee bei Berchtesgaden (*Salvelinus cf. umbla*).

5.4 Fütterung

Ziel der Untersuchung war die Ermittlung der Leistung und Produktqualität der mit unterschiedlichen Futtermitteln gefütterten Fische. Dafür wurden die Fische auf vier Teiche (8 Kompartimente) aufgeteilt und mit einem konventionellen sowie drei von Naturland zertifizierten Ökofuttermitteln gefüttert. Jeweils eine Gruppe (Kompartiment) wurde von Hand gefüttert und die andere automatisch. Die Handfütterung erfolgte zweimal pro Tag, früh und nachmittags; die automatische Fütterung verteilte die Futterrationsration über den Tag (bis zu 8 Fütterungen pro Tag).

Zu Versuchsbeginn sollten vier Ökofuttermittel getestet werden. Allerdings erwies sich ein Futtermittel nach dem Extrudieren als untauglich und wurde aus dem Versuch genommen. Mittels einer Fettverderbanalyse wurde die Untauglichkeit des Futters bestimmt. Hierzu wurde die Peroxidzahl (POZ) bestimmt, ein Maß für den peroxidisch gebundenen Sauerstoff in Fetten. Die POZ gibt Hinweise auf den Oxidationsgrad der Probe und ermöglicht die Einschätzung, inwieweit das Fett verdorben ist. In diesem Fall war die POZ mehr als 20 Mal über dem Kennwert für frische Fette.

Die Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel ist in den Tabellen 3 bis 5 aufgeführt. Verglichen wurden drei am Markt erhältliche Ökofuttermittel und ein konventionelles Futtermittel mittlerer Qualität, welches den praxisüblichen Qualitätsstandards in der deutschen Forellenteichwirtschaft entsprach und einen vergleichbaren Rohfettgehalt aufwies. Demzufolge waren 3 Teiche (6 Kompartimente) komplett auf eine Aufzucht unter Naturland-Richtlinien eingestellt. In einem Teich (2 Kompartimente) wurde konventionelles Futter gefüttert. Die weiteren Haltungsparemeter aller Teiche (Besatzdichte, Wasserqualität) wurden an die Naturlandrichtlinien angeglichen, um einen Vergleich der Gruppen zu ermöglichen.

Die Fütterungsmethode und die Futtermittel der verschiedenen Hersteller wurden bis zur Schlachtgröße der Fische beibehalten. Die Futterpartikelgrößen wurden nach Herstellerangaben an das Wachstum der Fische sukzessive angepasst. Zu Beginn der Fütterung wurde eine tägliche Futterrationsration von 2 % der Bestandsmasse gewählt. Eine Futtermittelfressleistung von 1,0 wurde angenommen. Im Laufe des Versuchs wurde die Futterrationsration auf 1 % pro Tag reduziert und auf diesem Level gehalten. Überschüssiges Futter wurde zurückgewogen. Die verwendeten Futterautomaten (Abb. 1) wurden von einer Hochgeschwindigkeitsturbine angetrieben, die eine gleichmäßige Futterverteilung über eine große Streulänge gewährleistete und die Pellets dennoch nahezu abriebfrei ausstieß. Die vertikale Anordnung der Turbine erlaubte einen bewegbaren Futterstrahl in den relativ langen und schmalen Teichen. Die Regelung erfolgte über eine Steuerungseinheit mittels speicherprogrammierbarer Steuerungs-Technik. Die Dosierintervalle und die Bewegung des Dosierkopfes konnte an die Erfordernisse angepasst werden.



Abb. 1: Futterautomat

Tab. 4: Futtermittel der ersten Aufzuchtphase

Inhaltsstoffe und Nährstoffzusammensetzung der Versuchsfuttermittel		Einheit	BIO	BIO	BIO	KONVENTIONELL	
			A	B	C	D	
Nährstoffzusammensetzung	Rohprotein	%	47	40	48	42	
	Rohfett	%	22	14	23	22	
	Rohfaser	%	1,0	0,9	4,0	4,0	
	Rohasche	%	10	12,50	8,50	7	
	Phosphor	%	1,40	1,90	1,17	0,90	
	Verdauliche Energie	MJ/kg	19,29	17,60	20,60	19,7	
Hauptinhaltsstoffe	Fischmehl	%	✓	76,8	53,4	23,0	
	Weizen-Produkte		✓	17,5	12,0	9,0	
	Fischöl	%	22,0	5,0	13,4	12,0	
	Soja-Produkte getoastet		✓		5,8	22,0	
	Sonnenblumenkern-Produkte getoastet				11,5	10,0	
	Rapskuchen				3,4	10,0	
	Rapsöl					5,0	
	Pferdebohnen					3,0	
	Blutmehl					6,0	
	Monocalcium Phosphate		✓				
	Vitamin und Spurenelementepremix		✓	0,7	0,6		
	Antioxidantien	Butylhydroxytoluol		✓			✓
		Butylhydroxyanisol		✓			
Ethoxyquin			✓			✓	
Zusatzstoffe	Vitamin A	I.E./kg	12000	7500	720	6000	
	Vitamin E	I.E./kg	130	300	296	299	
	Vitamin D3	I.E./kg	1500	2500	110	x	
	Kupfer Cu	mg/kg	10	5	5	3	

Tab. 5: Futtermittel der zweiten Aufzuchtphase

Inhaltsstoffe und Nährstoffzusammensetzung der Versuchsfuttermittel		Einheit	BIO	BIO	BIO	KONVENTIONELL
			A	B	C	D
Nährstoffzusammensetzung	Rohprotein	%	46	40	48	42
	Rohfett	%	21	14	23	22
	Rohfaser	%	1,0	0,9	4,0	4,0
	Rohasche	%	13	12,50	8,50	6
	Phosphor	%	2,00	1,90	1,17	1,10
	Verdauliche Energie	MJ/kg	18,54	17,60	20,60	19,3
Hauptinhaltsstoffe	Fischmehl	%	65,6	76,8	53,4	17,0
	Weizen-Produkte		19,6	17,5	12,0	9,0
	Fischöl	%	13,9	5,0	13,4	12,0
	Soja-Produkte getoastet				5,8	16,0
	Sonnenblumenkern-Produkte getoastet				11,5	10,0
	Rapskuchen				3,4	10,0
	Rapsöl					8,0
	Erbsenprotein					7,0
	Blutmehl					13,0
	Vitamin und Spurenelementepremix		✓	0,7	0,6	
Antioxidantien	Butylhydroxytoluol		✓			✓
	Butylhydroxyanisol		✓			
	Ethoxyquin		✓			✓
Zusatzstoffe	Vitamin A	I.E./kg	12000	7500	720	6000
	Vitamin E	I.E./kg	125	300	296	200
	Vitamin D3	I.E./kg	2000	2500	110	
	Kupfer Cu	mg/kg	10	5	5	3

Tab. 6: Futtermitteln der dritten Aufzuchtphase

Inhaltsstoffe und Nährstoffzusammensetzung der Versuchsfuttermittel		Einheit	BIO	BIO	BIO	KONVENTIONELL
			A	B	C	D
Nährstoffzusammensetzung	Rohprotein	%	40	40	48	42
	Rohfett	%	25	14	23	22
	Rohfaser	%	1,0	0,9	4,0	4,0
	Rohasche	%	11,0	12,5	8,5	6,0
	Phosphor	%	1,60	1,90	1,17	1,10
	Verdauliche Energie	MJ/kg	19,26	17,60	20,60	19,3
Hauptinhaltsstoffe	Fischmehl	%	✓	76,8	53,4	17,0
	Weizen-Produkte		✓	17,5	12,0	9,0
	Fischöl	%	25,0	5,0	13,4	10,0
	Soja-Produkte getoastet				5,8	16,0
	Sonnenblumenkern-Produkte getoastet				11,5	10,0
	Rapskuchen				3,	10,0
	Rapsöl					8,0
	Erbsenprotein					7,0
	Blutmehl					13,0
	Vitamin und Spurenelementepremix		✓	0,7	0,6	
Antioxidantien	Butylhydroxytoluol					✓
	Ethoxyquin					✓
Zusatzstoffe	Vitamin A	I.E./kg	12000	7500	720	6000
	Vitamin E	I.E./kg	150	300	296	200
	Vitamin D3	I.E./kg	2000	2500	110	
	Kupfer Cu	mg/kg	10	5	5	3

5.5 Gesundheitskontrolle des Bestandes und Erfassung der Verluste

In den Teichen wurde täglich eine Verlustkontrolle durchgeführt. Verendete Tiere wurden sofort entnommen und gegebenenfalls die Todesursache untersucht. Darüber hinaus wurde der allgemeine Gesundheitsstatus in einem zweiwöchigen Turnus überwacht. Die Verluste wurde bei der Berechnung der täglichen Futtermenge mit berücksichtigt.

5.6 Erfassung der Wasserparameter

Während der gesamten Untersuchungen wurden täglich die wichtigsten Wasserparameter erfasst. Die Überprüfung des Sauerstoffgehalts und der Wassertemperatur erfolgte mit dem Handmessgerät OXY 315 (Fa. WTW), der pH-Wert wurde mit dem pH-Meter pH 325 (Fa. WTW) gemessen. Die Leitfähigkeit (LF) wurde mit dem Multimessgerät 197i (Fa. WTW) bestimmt. Darüber hinaus erfolgten in einem zweiwöchigen Turnus Wasseruntersuchungen durch den Fischgesundheitsdienst in Grub (FGD). Diese umfassten die wichtigsten physikalischen und chemischen Parameter (Temperatur, pH, O₂, CO₂, LF, Säurebindungsvermögen (SBV), Salze, Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), Härtegrade und organische Verbindungen).

5.7 Wachstumsleistung und Kondition

Die Berechnung der täglichen spezifischen Wachstumsrate (Specific growth rate, SGR) erfolgte nach Lieder (1978).

$$\text{SGR (\%)} = (\ln W_t - \ln W_0) / t * 100$$

SGR : Spezifische Wachstumsrate (in %)

W_t : Lebendgewicht zum Zeitpunkt t (in g)

W₀ : Lebendgewicht zum Zeitpunkt 0 (in g)

t : Zeitraum (in d)

Zur Beurteilung des Gesundheitszustandes (Kondition) wurde der Korpulenzfaktor aller Fische mit der Fulton'schen Formel bestimmt:

$$k = p * 100 / L^3$$

k : Korpulenzfaktor

p : Körpermasse (in g)

L : Totallänge (in cm)

5.8 Futtermittelverwertung

Nach jeder Aufzuchtphase erfolgten Gesamtwägungen, auf deren Basis anschließend der Zuwachs bestimmt wurde. Die eingebrachte Futtermenge wurde darauf durch den erreichten Zuwachs geteilt und damit der Futterquotient nach Steffens (1985) ermittelt.

$$\text{FQ} = \text{Futter (in g)} / \text{Zuwachs (in g)}$$

5.9 Aufzucht

Die Aufzucht aller Gruppen erfolgte nach den Richtlinien des deutschen Bioverbandes „Naturland“.

Die verwendeten Erdteiche verfügen über ein Gesamtvolumen von 44 m³. Die Teichsohle ist mit Bentonit abgedichtet und mit Kiessubstrat bedeckt. Die Teiche haben einen Zulauf auf der Zuleiterseite (Quellwasser) und einen Mönch auf der Ablaufseite, von wo das Wasser in den Siebenquellenbach bzw. in die Wasseraufbereitung geleitet wird. Die Teiche verfügen über einen Oberflächenablauf. Für das Projekt wurden 4 Teiche in 8 Kompartimente aufgeteilt (jeweils 22 m³). Dafür wurde ein Trenngitter in der Mitte der Teiche zwischen Zulauf und Ablauf installiert. Routinemäßig wurden einmal in der Woche die Versuchsteiche abgesenkt und ein größeres Wasservolumen durch einen Bodenablauf entnommen. Dabei wurden stehende Bereiche des Teiches gespült, Futter und Kotreste sowie schwebende und tote Wasserpflanzen wurden mit dem Wasserschwall aus dem Teich gewaschen und zur Aufbereitung in die Reinigungssysteme der Teichanlage abgeleitet. Im späteren Versuchsverlauf mussten Algen und höhere Wasserpflanzen teilweise manuell aus den Teichen entfernt werden. Zur Abwehr von Prädatoren wurden die Teiche mit Netzen überspannt und in der Teichmitte mit Abdeckplanen beschattet. Dort erfolgte auch die Fütterung.

5.9.1 Bachforellen

Ende Januar 2009 wurden Bachforellen mittels eines 10 mm Siebes sortiert, um die kleinsten Fische auszusondern. Generell waren die Fische relativ homogen gewachsen. Das mittlere Stückgewicht der verwendeten Sortierung lag bei 30,4 g. Jeweils 3.000 Fische wurden anschließend in die Kompartimente eingewogen.

Notwendigerweise wurden nach dreimonatiger Aufzucht (Phase I) die Besatzdichten in den Kompartimenten von 3.000 Fischen auf 1.500 Fische in Phase II reduziert. Die Sortierung zielte darauf ab, die kleinsten Fische und die größten Vorwüchser auszusortieren, um gegen Jahresende schlachtreife Tiere zu haben. Die Sortierung war auch notwendig, um die von Naturland geforderte maximale Besatzdichte von 10 kg/m³ nicht zu überschreiten. Mit Beginn der Phase II wurde die Futterpartikelgröße von 2 mm auf 3 mm umgestellt. Nach weiteren 3 Monaten, zu Beginn der Phase III, wurden die Chargen erneut sortiert und die Fischmenge von 1.500 auf 500 Bachforellen reduziert. Auch bei dieser Sortierung wurde auf die mittelgroßen Fische zurückgegriffen, zu kleine oder große Fische wurden aussortiert. Die Besatzdichte von 500 Stück Bachforellen wurde bis zur Versuchsbeendigung beibehalten. Die Pelletgröße der Futtermittel wurde auf 4 mm bzw. 4,5 mm erhöht.

Zum Abschluss jeder Produktionsphase wurden die Gruppen in andere Teichkompartimente versetzt, um mögliche Umwelteinflüsse minimieren zu können (Schatten, Aktivität am Teich, Gefälle). Anfang September wurde die Futtermenge an die geringe Futteraufnahme während der Laichreife der Bachforellen angepasst. Da es zu größeren Futterverlusten bei der Automatenfütterung kam, wurden die Teiche grob gereinigt. Ab dem 15.9.2009 bis zum Versuchsende Mitte November wurden alle Abteile von Hand *ad libitum* gefüttert, um Futterverluste zu vermeiden.

Zu Versuchsende wurden jeweils 35 Fische pro Kompartiment zur Analyse entnommen, geschlachtet und an das Max Rubner-Institut weitergegeben. Dort wurden die Tiere innerhalb von 3 Tagen frisch verarbeitet, beziehungsweise für die weitergehenden Analysen tiefgefroren.

5.9.2 Seesaiblinge

Anfang Dezember 2009 wurden die Seesaiblinge in den Versuch genommen. Generell waren die Fische von einer einheitlichen Größe und nicht stark auseinandergewachsen. Das Durchschnittsgewicht der Sortierung lag bei 32,0 g/Fisch. Jeweils 2.891 Fische wurden in die Kompartimente eingewogen. Äquivalent zur Aufzucht der Bachforellen war die Aufzucht der Seesaiblinge in drei Phasen unterteilt.

Zum Abschluss der Phase I erfolgte die erste Gesamtwägung am 17. Mai 2010. Dabei wurden die Fischmengen in den Kompartimenten auf 1000 Individuen reduziert. Nach dem Umfischen wurde das Futter sukzessive von 2 mm auf 3 mm Pelletgröße umgestellt. Im Sommer 2010 wurden die Seesaiblinge nach einer weiteren Gewichtsverdopplung in Phase II erneut sortiert und für die Aufzuchtphase III auf 500 Fische je Kompartiment reduziert. Die Futterpartikelgröße wurde von 3 mm auf 4,5 mm umgestellt.

Nach jeder Aufzuchtphase erfolgte eine Größensortierung der Fische, bei der kleinere Seesaiblinge und Vorwüchser aussortiert wurden. Daneben wurden nach jeder Phase die Gruppen in andere Kompartimente gesetzt, um eventuelle Umgebungseffekte minimieren zu können (Schatten, Aktivität an den Teiche, Gefälle). Nach Erreichen der Schlachtgröße wurde eine repräsentative Menge Tiere entnommen und analysiert. Die Tiere wurden innerhalb von 3 Tagen frisch verarbeitet, beziehungsweise für weitergehende Analysen tiefgefroren.

5.10 Analyse der Produktqualität

5.10.1 Chemische Untersuchungen

Die Bestimmungen der Nährstoffgehalte im essbaren Anteil (Filet ohne Haut) beider Arten und der Ganzkörper-Einzelhomogenate der Seesaiblinge erfolgten mit folgenden Methoden:

Gesamtfett (Bestimmung nach Smedes 1999):

Durchführung: Extraktion des Fettes mit Cyclohexan und 2-Propanol. Überführung des Fettes in die Cyclohexanphase durch Zugabe von Wasser. Phasentrennung durch Zentrifugation. Gravimetrische Fettbestimmung nach Abtrennung und Einengung der Cyclohexanphase.

Gesamteiweiß nach Dumas:

Die Eiweißbestimmung wurde mit einem TruSec N (Leco Instruments GmbH, Mönchengladbach) durchgeführt. Dabei wird die Probe (Fischhomogenisat) in Reinsauerstoff verbrannt und der entstehende Stickstoff in elementarer Form durch Wärmeleitfähigkeitsdetektion gemessen. Der Gesamteiweißanteil errechnet sich aus dem Stickstoffgehalt $\times 6,25$.

Trockensubstanzbestimmung und Mineralstoffgehalt:

Die Bestimmung der Trockensubstanz (daraus berechnet: Wassergehalt) erfolgte durch Trocknen der homogenisierten Proben bei 105° C für 24 Stunden. Der Mineralstoffgehalt wurde nach Veraschung der Probe bei 550° C gravimetrisch bestimmt.

Phosphorbestimmung:

Die Phosphorbestimmung erfolgte photometrisch mit einer modifizierten § 64-Methode: Gesamtphosphorgehalte in Fleisch 06.00-9.

Durchführung: Homogenisiertes Fischmaterial wird trocken verascht, anschließend wird die Asche in Salpetersäure hydrolysiert. Nach Zusatz einer salpetersauren Lösung von Ammoniummonovanadat und Ammoniumheptamolybdat zu einem aliquoten Teil dieser Lösung entsteht eine Gelbfärbung, deren Extinktion photometrisch gemessen wird. Die Extinktion ist der Phosphorkonzentration direkt proportional.

Die Bestimmung der Nährstofffraktionen der Seesaiblings-Setzlinge (Ausgangsqualität) erfolgte aufgrund deren geringer Größe als Mischhomogenat.

5.10.2 Freie Aminosäuren

Fischeiweiß ist wegen seiner ausgewogenen Aminosäurezusammensetzung von hoher biologischer Wertigkeit. Der Gehalt an Aminosäuren inklusive Taurin, einer vor allem in Fischen vorkommenden semi-essentiellen Aminosäure, wurde nach Vorsäulenderivatisierung mit o-Phthaldialdehyd mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie ermittelt. Die HPLC-Bestimmung erfolgt in Anlehnung an Antoine et al. (1999).

5.10.3 Bestimmung der Fettsäuren

Die Fettsäuremuster wurden mittels Gaschromatographie bestimmt. Das Fett wurde aus dem Homogenat einer Poolprobe (aus Filets von 5 Fischen) extrahiert, die enthaltenen Fettsäuren wurden in eine flüchtige Form umgewandelt (methyliert), so dass sie gaschromatographisch bestimmt werden konnten. Zur Bestimmung der einzelnen Fettsäuren wurde ein Standardgemisch mit bekannten Fettsäuremethylestern herangezogen. (DGF 1998, 2000).

5.10.4 Selenbestimmung

Das Probenmaterial (ca. 0,5 g Futter, 1,5 g Fischmuskelhomogenisat) wurde durch einen Nassaufschluss mit einem $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -Gemisch in einem Hochdruck-Aufschluss-System (ultraCLAVE III, MLS GmbH, Leutkirch) mit einem optimierten Temperatur-Zeit-Programm mineralisiert. Die Selengehalte der Aufschlusslösung wurden mit der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)-Hydrid- Methode bestimmt. Dabei wurden die Selen-Ionen im sauren Medium durch Natriumborhydrid zu Selenwasserstoff reduziert und mit Argon als Trägergas in die beheizte Messküvette des AAS (High Resolution Continuum Source Atomabsorptionsspektrometer contraAA[®] 700) überführt. Die Absorption bei 196 nm diente als Maß für die Selenkonzentration. Die Eichung des Gerätes erfolgte in analoger Weise direkt mit aliquoten Teilen einer Selen-Standardlösung. Zur Qualitätskontrolle wurde parallel zu jeder Bestimmungsserie zertifiziertes Standardreferenzmaterial analysiert (IAEA 407).

5.10.5 Berechnung der Bruttoenergiegehalte

Der Bruttoenergiegehalt der Fische wurde nach Kleiber (1967) berechnet.

Demnach enthalten:	1 g NFE (stickstofffreie Extraktstoffe):	17,6 kJ
	1 g Rohprotein	: 23,9 kJ
	1 g Rohfett	: 39,8 kJ

Die Energiegehalte wurden auf die Frischsubstanz der Fische und der Futtermittel bezogen. Der Bruttoenergiegehalt wurde in MJ/kg Frischsubstanz (FM) angegeben.

5.10.6 Instrumentelle Messungen: Textur, Wasserbindungsvermögen, Farbmessungen

Die instrumentelle Texturanalyse wird eingesetzt, um subjektive Einflüsse auf die Bewertung von Lebensmitteln auszuschließen und reproduzierbar die Bedingungen nachzuahmen, denen ein Prüfgut beim Zerteilen im Mund unterworfen wird. Dabei wird die Textur als die Kraft definiert, die für die Kompression einer Probe notwendig ist. Das Wasserbindungsvermögen wird charakterisiert durch den Anteil an auspressbarem „freien“ Wasser aus dem Muskelfleisch, das durch die Einwirkung von Druck freigesetzt wird. Die Textur und die Wasserbindung wurden mit einem SMS-Texture-Analyser TA.XT 2/25 (Stable Micro Systems, Godalming, England) zusammen in einer Messung bestimmt. Pro Fütterungsversuch wurden 10 Forellen untersucht. Die Fische wurden über Nacht im Kühlschrank aufgetaut, am darauf folgenden Tag filetiert, enthäutet und gemessen. Von jeweils beiden Filets ohne Haut wurden 3 Prüfstücke im Bereich des Kopf- und Mittelteils mit einem Korkbohrer (\varnothing 2 cm) ausgestochen. Jeder Prüfling wurde auf einem 7 x 7 cm großen Papierfilter (Schleich & Schüll 2043 A) unter Verwendung einer 25 kg Messzelle mit einem Alu-Stempel (\varnothing 5 cm) um 75 % komprimiert. Bei dieser Kompression des Prüfstückes für 15 s wurde die erforderliche Kraft gemessen. Die Textur wurde senkrecht zum Faserverlauf erfasst. Die Messgeschwindigkeit betrug 1,7 mm/s. Aus 60 Messwerten wurden die Mittelwerte berechnet. Sie bilden den Texturwert für jede Fütterungsgruppe. Bei diesen Messvorgängen wurde gleichzeitig das Wasserbindungsvermögen bestimmt. Es wird definiert als Gehalt an auspressbarem Wasser und berechnet in Prozent (%) = $100 \times (\text{Anfangsgewicht} - \text{Endgewicht}) / \text{Anfangsgewicht}$. Die statistische Auswertung erfolgte mit Sigma Stat 3.5.

Die instrumentelle Farbmessung ermöglichte die objektive Bewertung eventueller Farbunterschiede bzw. Farbveränderungen. Die Messung erfolgte nach dem Spektralverfahren gemäß DIN 5033 nach dem CIELab-System mit einem Farbmessgerät (spectro pen[®], Dr. Lange, Düsseldorf).

Die Werte wurden im L*, a*, b*- Farbsystem aufgenommen. Dabei steht L* für Helligkeit (Leuchtkraft oder Luminance), wobei ein perfektes Weiß einem Farbwert von 100 und ein perfektes Schwarz von 0 entsprechen. a* bezeichnet den Rot- (positiver Messbereich) bis Grün-Wert (negativer Messbereich) und b* den Gelb- (positiver Messbereich) bis Blau-Wert (negativer Messbereich).

Die Farbmessung erfolgte an 15 Fischen an der Innenseite der frischen Filets. Für jedes Filet wurden 4 Messpunkte entlang der Mittelgräte gewählt.

5.10.7 Aromaprofilanalyse (elektronische Nase)

Spezifische Geruchs- bzw. Aromastoffe setzen sich häufig aus einer Vielzahl einzelner, leicht flüchtiger Komponenten zusammen. Die „elektronische Nase“ erfasst in Analogie zur menschlichen Nase derartige Bestandteile einer Probe als Ganzes. Als „Rezeptoren“ fungiert eine Reihe von Sensoren unterschiedlicher Bauart, die mit bestimmten, flüchtigen chemischen Substanzen in eine Wechselbeziehung treten können. Durch diese selektiven Interaktionen entsteht ein charakteristisches Signalmuster. Die über die Sensorreaktionen gesammelten Informationen werden vom Computer mit verschiedenen Methoden der Mustererkennung analysiert und klassifiziert. Dabei sind für das Sensorsystem erkennbare Substanzen nicht zwangsläufig auch für die menschliche Nase riechbare. Die elektronische Nase unterstützt die sensorische Prüfung. Sie kann zusätzliche objektive und repro-

duzierbare Daten kontinuierlich zur Verfügung stellen und so weitere Informationen liefern (Gardner und Bartlett, 1999).

Durchführung: Untersucht wurden homogenisierte Muskelfleischproben von 10 Bachforellen. Dazu wurden die unter standardisierten Bedingungen aus dem Homogenisat in den Dampfraum des Probengefäßes freigesetzten flüchtigen Verbindungen mit 6 ausgewählten Sensoren gemessen, die auf Grund ihrer unterschiedlichen Messeigenschaften die probenabhängige Zusammensetzung der Gasphase erfassen können.

Für die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse wurde die Hauptkomponentenanalyse (Principal component analysis, PCA) gewählt, ein statistisches Verfahren, das umfangreiche Datensätze auf eine kleine Zahl aussagekräftiger Komponenten reduziert. Graphisch kann damit idealerweise eine Anordnung in getrennte Gruppierungen (Cluster) dargestellt werden, sofern die verschiedenen Produktionsmethoden mit der elektronischen Nase erfassbare unterschiedlichen Auswirkungen auf das Aromaprofil haben.

5.10.8 Sensorische Bewertung der gegarten Filets

Für die Prüfungen wurden jeweils 5 Fische, die nach der Schlachtung 4 Tage auf Eis (Kühlraum 0° C) gelagert waren, filetiert, enthäutet und in Kochbeuteln im Wasserbad 8 min bei 90° C gegart. Verkostet wurde von einem erfahrenen Panel, welches aus 10 Personen bestand. Zwei Prüfer teilten sich jeweils die Filets einer Forelle.

Für die Beurteilung der sensorischen Merkmale der Fische wurde ein Bewertungsbogen herangezogen, der alle relevanten Qualitätsparameter mit einer Punkteskala von 0 bis 100 (keine bis maximale Ausprägung) berücksichtigte (Manthey-Karl et al. 2007). Beurteilt wurden die Textur, der Geruch und der Geschmack.

5.10.9 Sensorische Bewertung der geräucherten Filets

Für die Untersuchung des Einflusses der Art der Futtermittelverabreichung wurden fünf Fische aus jeder Fütterungsgruppe am MRI in Hamburg im institutseigenen Räucherofen bis zu einer Kerntemperatur von 60° C heißgeräuchert. Nach dem Abkühlen wurden die Fische filetiert und als Einzelfilets in Vakuumbbeutel eingeschweißt. Es wurden jeweils anonymisierte Paare von Hand- und Automatenfütterung einer Fütterungsgruppe vergeben. Mitarbeiter und deren Angehörige verkosteten die Filets zu Hause und füllten einen Fragebogen aus, mit dem ihre Meinung zur Qualität der Produkte erfragt wurde.

Für die Ermittlung des Einflusses der verschiedenen Futtermittel auf die Präferenz der Verbraucher hinsichtlich Geschmack und Textur sind neben der objektiven Produktwahrnehmung mittels analytisch orientierter Sensorikverfahren mit vorgegebenen Kriterien durch geschulte Testpersonen auch hedonische Prüfungen oder Beliebtheitsprüfungen üblich, welche die subjektive Akzeptanz oder Präferenz von Produkten durch Konsumenten in Erfahrung bringen wollen. Um wissenschaftlich und statistisch signifikante Ergebnisse zu erzielen, muss die Gruppe der Testpersonen ausreichend groß gewählt werden.

Die geräucherten Forellenfilets wurden an 27 Mitarbeiter des Instituts vergeben, insgesamt wurden für die einzelnen Gruppen 22 (D-Konv), 23 (C-Bio), 24 (A-Bio) und 12 (B-Bio) Bewertungen abgegeben.

Es wurden folgende Fragen gestellt:

Frage 1: Welches Filet hatte den besseren Geschmack?

Frage 2: Welches Filet hatte die bessere Textur?

Frage 3: Hätten Sie die Wahl, welches Filet würden Sie bevorzugen?

Auf Grund der Zusammensetzung und der Anzahl der Befragten wurden die Antworten nicht statistisch ausgewertet.

6 Ergebnisse

6.1 Teiche

Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Futteraufnahme in den verschiedenen Kompartimenten gefunden. Demzufolge hatten eventuelle Standorteffekte der Kompartimente, wie Störungen von außen, Sonneneinstrahlung oder andere Umwelteinflüsse keine oder nur geringe Auswirkungen auf die Leistung der Fische.

6.2 Fütterung

Die verwendeten Futterautomaten sind für den Einsatz bei großen Fischmengen konzipiert. Probleme zeigen sich vor allem bei der Dosierung des Futters. Die Automaten erwiesen sich für die Gabe von geringen Futtermengen (bis zu 2 kg Futter) als nur eingeschränkt praktikabel. Mit einer Minimalmenge von 350 g je Fütterungsvorgang ist eine kontinuierliche Futtergabe bei kleineren Teichen und der erforderlichen geringen Besatzdichte nicht möglich. Desweiteren ist die ausgegebene Futtermenge bei einer einmaligen Fütterung zu groß für verhalten fressende Fischarten.

Aufgrund dieser Probleme kam es teilweise zu Futtermitteln, was zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führte, in deren Folge auf eine Fütterung verzichtet werden musste.

6.3 Bachforellen

6.3.1 Futtermittel

Eine gute Übereinstimmung wurde zwischen den Herstellerangaben und den eigenen Analysen gefunden. Der Vergleich der Zusammensetzung zeigt, dass die ökologischen Futtermittel deutlich höhere Rohasche- und auch höhere Phosphoranteile enthalten. Dies ist wahrscheinlich auf den höheren Anteil an Fischmehl zurückzuführen.

Tab. 7: Zusammensetzung der in Phase III eingesetzten Futtermittel

	Größe mm		TS %	Roh- fett %	Roh- protein %	Roh- asche %	Roh- faser %	Phosphor %
A-Bio	4,5	Analyse MRI	93,7	23,1	43,7	10,2	1,0	1,4
		Firmenangabe		25,0	40,0	11,0	1,0	1,6
B-Bio	4,0	Analyse MRI	92,9	17,6	38,3	12,3	1,0	1,5
		Firmenangabe		14,0	40,0	12,5	0,9	1,9
C-Bio	4,5	Analyse MRI	95,4	24,9	47,4	8,5	1,7	1,3
		Firmenangabe		23,0	48,0	8,5	4,0	1,2
D-Konv	4,5	Analyse MRI	95,5	22,7	42,5	5,7	3,7	0,9
		Firmenangabe		22,0	42,0	6,0	4,0	1,1

6.3.2 Aufzucht

6.3.2.1 Wasserqualität

Die Wasserqualität war während der Untersuchung nahezu gleichbleibend. Alle Werte variierten zwischen den Teichen nur sehr gering. Die Wassertemperatur betrug nahezu 10 °C, der pH lag im Mittel bei 7,35 und die Leitfähigkeit war konstant bei 763 µS/cm. In warmen Sommernächten fiel der Sauerstoffgehalt deutlich ab. Diese diurnalen Schwankungen bedingten eine im Mittel geringfügige Unterschreitung der geforderten Mindestsättigung des Sauerstoffs in zwei Teichen (Gruppe B-Bio und D-Konv). Dennoch befanden sich die ermittelten Sauerstoffkonzentrationen in einem fischphysiologisch optimalen Bereich. Das Säure-Bindungsvermögen (SBV) in den Teichen variierte leicht, aber teilweise signifikant zwischen min. 5,22 (Gruppe B-Bio) und max. 5,74 mval/l (Gruppe C-Bio). Stickstoffverbindungen, wie Ammonium, Nitrit und Nitrat waren im Wasser nachweisbar, jedoch nur in geringen Konzentrationen vertreten. Ammoniak konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Die Messung der Gesamthärte des Wassers ergab geringe, jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Teichen (16,24-17,80 °dH). Gleiches war auch bei der Carbonat Härte mit Mittelwerten zwischen 14,63 und 16,07 °dH, der gesamten organischen Kohlenstoffkonzentration (TOC) und dem biologischen Sauerstoffbedarf (BSB₅) festzustellen. Weitere, aber nur sehr geringfügige Unterschiede ergaben sich auch bei Phosphat, Chlorid, Natrium und Magnesium.

Alle Wasserparameter lagen im für die Aufzucht für Salmoniden empfohlenen Bereich oder nur leicht darüber (Tabelle 8). Die hohe Wassertauschrate, die für die Einhaltung der vorgeschriebenen Sauerstoffsättigung bei der Bio-Produktion nötig war, und die geringen Besatzdichten garantierten, dass alle wichtigen Wasserqualitätsparameter in einem optimalen Bereich lagen.

Tab. 8: Wasserqualitätsparameter während der Aufzucht der Bachforellen

	A-Bio			B-Bio			C-Bio			D-Konv		
	MW	STABW	Sig	MW	STABW	Sig	MW	STABW	Sig	MW	STABW	Sig
Temperatur (°C)	10,0	0,17	a	10,0	0,18	a	10,0	0,16	a	10,0	0,19	a
pH Wert (-lg(H ⁺))	7,3	0,15	a	7,3	0,16	a	7,4	0,16	a	7,4	0,13	a
Leitfähigkeit (µS/cm)	763	2,9	a	763	2,8	a	763	3,1	a	763	3,2	a
SBV (mval/l)	5,3	0,61	ab	5,2	0,73	b	5,7	0,83	a	5,3	0,72	b
Freies CO ₂ (mg/l)	29,8	8,86	a	29,5	10,34	a	31,21	9,4	a	28,3	8,67	a
O ₂ (mg/l)	7,8	1,28	a	7,1	1,3	b	7,4	1,45	c	7,2	1,15	ab
O ₂ (%)	75,1	10,75	a	66,7	12,60	b	70,8	13,46	c	69,2	10,20	ab
TOC (mg C/l)	2,9	1,17	a	3,1	1,12	b	3,3	1,56	ab	3,3	2,03	ab
Ammonium (mg/l)	0,2	0,07	a	0,2	0,08	ab	0,2	0,08	ab	0,2	0,10	b
Ammoniak(mg/l)	0,00	0,00	a	0,00	0,00	ab	0,00	0,00	ab	0,00	0,00	b
Nitrit (mg/l)	0,04	0,02	a	0,04	0,02	ab	0,04	0,02	a	0,06	0,03	b
Phosphat (mg/l)	0,1	0,05	ab	0,1	0,06	a	0,1	0,04	b	0,1	0,07	ab
Bromid (mg/l)	2,4	1,60	a	2,4	1,42	a	1,9	0,35	a	2,4	1,43	a
Chlorid (mg/l)	40,4	3,11	ab	40,1	3,80	a	43,8	4,55	b	40,1	4,84	ab
Sulfat (mg/l)	13,2	0,90	a	13,1	1,15	a	13,9	1,63	a	13,1	1,02	a
Nitrat (mg/l)	20,3	1,32	a	19,1	3,45	a	21,3	2,62	a	19,9	1,77	a
Kalium (mg/l)	1,0	0,57	a	0,8	0,55	a	0,9	0,58	a	0,8	0,70	a
Natrium (mg/l)	17,9	2,11	a	17,5	2,07	a	20,1	1,79	b	19,1	1,46	c
Calcium (mg/l)	85,0	11,57	a	88,6	10,15	a	93,2	16,51	a	88,4	8,31	a
Magnesium (mg/l)	18,9	2,69	a	18,8	2,76	a	20,7	3,25	b	19,6	3,42	ab
Gesamt-Härte (°dH)	16,2	1,94	a	16,7	1,65	b	17,8	2,94	b	16,9	1,67	ab
Carbonat-Härte (°dH)	15,0	1,70	b	14,6	2,04	b	16,1	2,32	a	14,7	2,03	b
BSB ₅ (mg O ₂ /l)	1,5	0,91	a	2,0	0,72	b	1,7	0,80	ab	3,4	3,42	b

MW: Mittelwert, STABW: Standardabweichung, Sig: Signifikanz ($p < 0,05$)

6.3.2.2 Verluste

Die erfassten Verluste während der gesamten Aufzuchtphase sind in Abbildung 2 dargestellt. Insgesamt konnten die geringsten Verlustzahlen für die Gruppe A-Bio ermittelt werden (34 Ind.). Die Verluste bei den Gruppen B-Bio und D-Konv beliefen sich auf 44 bzw. 45 Stück. Die Gruppe C-Bio wies mit 63 Ind. im Vergleich mit den anderen Gruppen eine deutlich höhere Verlustrate auf. In Anbetracht der hohen Gesamtanzahl und der langen Versuchsdauer lagen die Verluste in einem minimalen Bereich. Unterschiede zeigten sich jedoch auch bei der Art der Futterverabreichung. Die Handfütterung führte bei allen Gruppen zu geringeren Stückverlusten.

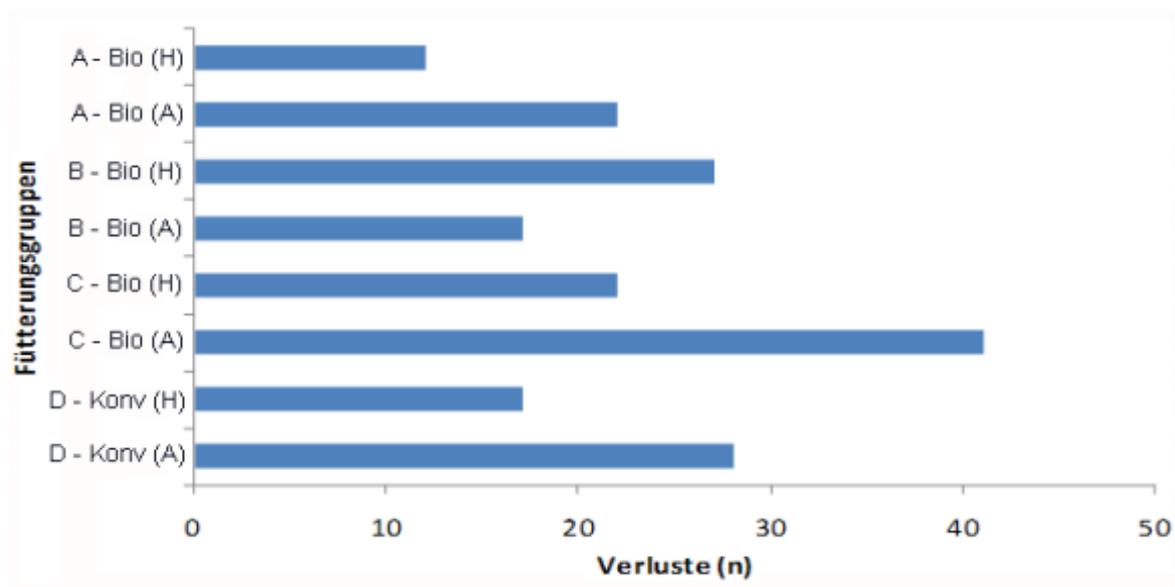


Abb. 2: Gesamtverluste (n) der 8 Gruppen während der Aufzucht der Bachforellen

6.3.2.3 Krankheitsfälle und weitere Ausfälle

Bei der Aufzucht der Bachforellen konnten während der gesamten Produktionsdauer keine Krankheiten festgestellt werden. Mikroskopisch konnte ein mittlerer Befall mit *Apiosoma spp.* und vereinzelt mit Hakenwürmern (*Gyrodactylus salaris*) nachgewiesen werden. Ausfälle in den Teichen ließen sich zu einem Großteil auf die Verluste durch Fischräuber zurückführen. An den verendeten Fischen waren Reiherschäden (Krallen-, Schnabelverletzungen) und Fuchsschäden (Bissverletzungen, Abb. 3) oftmals gut erkennbar.



Abb. 3: Bachforelle mit Fuchsverbiss



Abb. 4: Tierwelt um die Erdteiche: Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) und Graureiher (*Ardea cinerea*) mit Bachforelle als Beute

Durch fischfressende Prädatoren kam es allerdings nur zu einem geringen Anstieg der Fischverluste.

6.3.2.4 Wachstumsleistung der Gruppen

Die Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der mittleren Stückmassen der Bachforellengruppen im Versuchsverlauf bei Handfütterung. Zu Beginn der Untersuchung wurden die Bachforellen mit einem durchschnittlichen Stückgewicht von 30,4 g in die Teiche eingewogen. Gruppe A-Bio (H) verfügte zum Abschluss der ersten Aufzuchtphase (I) über mittlere Stückgewichte von 91,6 g, nach Phase II von 152,5 g und nach Phase III von 401,1 g. Gruppe B-Bio (H) erreichte mit Abschluss der Phase I durchschnittliche Stückmassen von 71,8 g, nach Phase II 141,1 g und zum Versuchsende 302,8 g. Die Fütterungsgruppe C-Bio (H) wies am Ende der Phase I eine mittlere Stückmasse von 83,6 g, nach Phase II erreichte diese Gruppe durchschnittlich 156,9 g und zum Abschluss der Untersuchung 366,4 g. Für die mit konventionellem Futtermittel aufgezogene Gruppe D-Konv (H) wurde nach Phase I eine mittlere Stückmasse von 84,7 g, nach Phase II von 166,4 g und am Versuchsende von 282,4 g ermittelt.

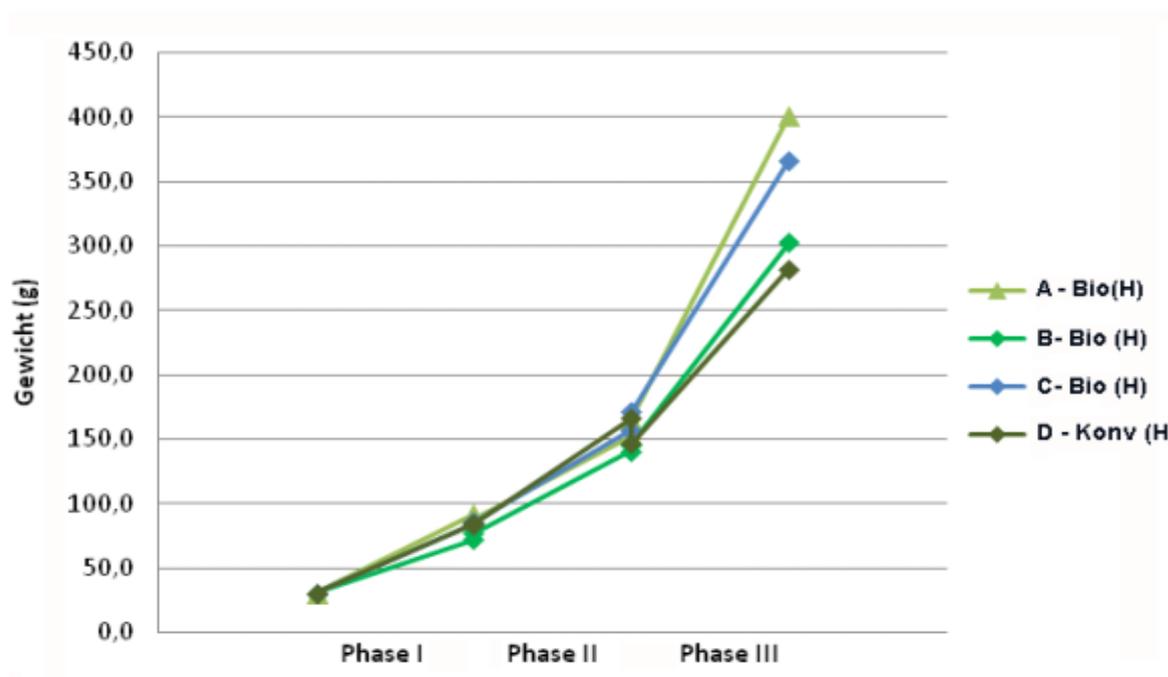


Abb. 5: Entwicklung der mittleren Stückmassen der Bachforellen bei Handfütterung

Die mit Automaten gefütterten Gruppen zeigten sich ähnliche Entwicklungen der Stückmassen, jedoch war die Gewichtszunahme insgesamt geringer (Abb. 6). Gruppe A-Bio (A) wies nach Phase I mittlere Stückmassen von 69,4 g, nach Phase II von 177,3 g und zum Versuchsende von 316,5 g auf. Die Fütterungsgruppe B-Bio (A) erreichte zum Abschluss der ersten Aufzuchtphase mittlere Stückmassen von 70,5 g, mit Abschluss der Phase II 163,6 g und in der letzten Phase Stückgewichte von 252,4 g. Gruppe C-Bio (A) wuchs in der ersten Phase auf durchschnittlich 77,6 g und in der Phase II auf 169,7 g ab. Mit Abschluss der Aufzucht erreichte diese Gruppe eine mittlere Stückmasse von 363,6 g. Die konventionell ernährte Gruppe D-Konv (A) verfügte am Ende der ersten Aufzuchtperiode

über gemittelte Stückmassen von 69,8 g. Am Ende der beiden anderen Aufzuchtphasen verfügten sie durchschnittlich über Stückmassen von 169,7 bzw. 249,7 g. Besonders zu Beginn der Phase III führte die Sortierung der Fische zu Unterschieden zwischen den ermittelten durchschnittlichen Stückmassen zum Ende einer Aufzuchtperiode und zu Beginn der folgenden Periode. Diese sind hier als Gewichtssprünge erkenntlich.

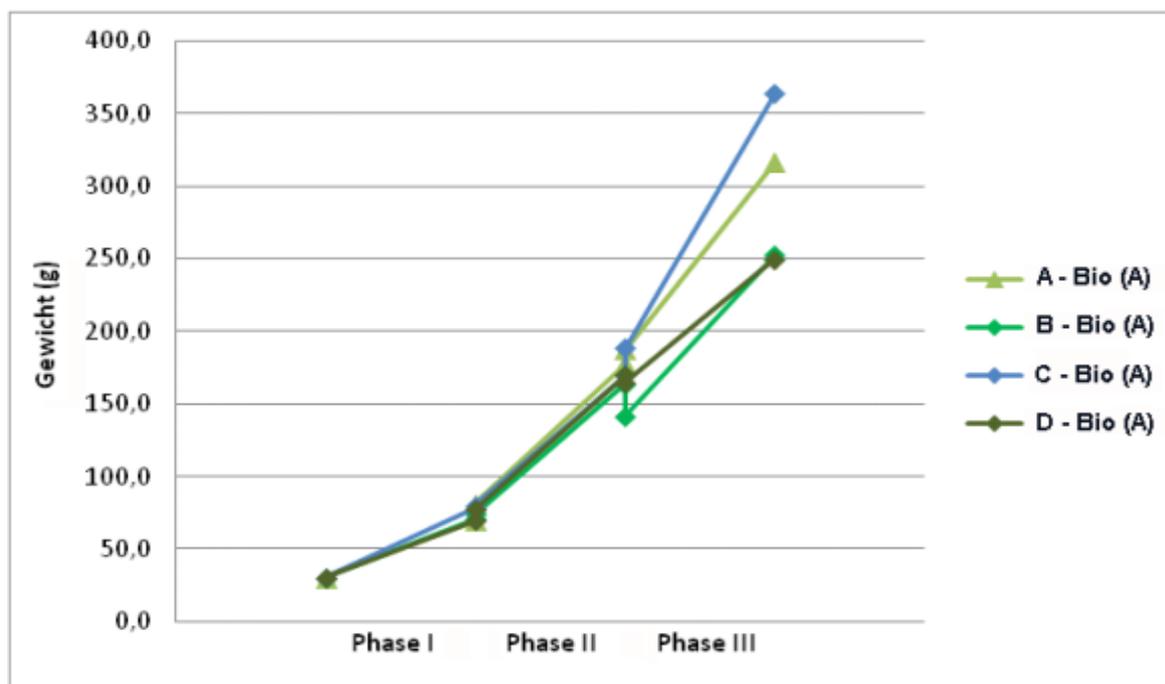


Abb. 6: Entwicklung der mittleren Stückmassen der Bachforellen bei Automatenfütterung

Abbildung 7 zeigt die spezifischen Wachstumsraten (SGR) der Bachforellen bei der Handfütterung. Mit Ausnahme der Gruppe A-Bio (H), bei der in der letzten Aufzuchtphase ein leichter Anstieg der spezifischen Wachstumsrate festgestellt wurde, konnte bei allen handgefütterten Gruppen eine kontinuierliche Abnahme der SGR beobachtet werden. Gruppe A-Bio (H) erreichte in der ersten Aufzuchtphase eine SGR von 1,31 %/d, in der Phase II von 0,71 %/d und zum Versuchsende von 0,78 %/d. Über den gesamten Zeitraum ergab sich eine SGR von 0,94 %/d. Für Gruppe B-Bio (H) errechneten sich spezifische Wachstumsraten von 1,02 (Phase I), 0,76 (Phase II) und 0,65 %/d in der letzten Aufzuchtphase (III). Insgesamt verfügte diese Gruppe über eine SGR von 0,83 %/d. Gruppe C (H) wies spezifische Wachstumsraten von 1,20 (Phase I), 0,77 (Phase II) und 0,67 %/d in der dritten Aufzuchtphase (III) auf (gesamt: 0,90 %/d). Die mit dem konventionellen Futtermittel aufgezogene Gruppe D-Konv (H) erreichte in Phase I eine SGR von 1,22 %/d. In Phase II verringerte diese sich auf mittlere 0,87 %/d und sank abermals in Phase III auf 0,58 %/d ab. Damit ergab sich für Gruppe D-Konv (H) über die gesamte Aufzuchtperiode eine SGR von 0,81 %/d.

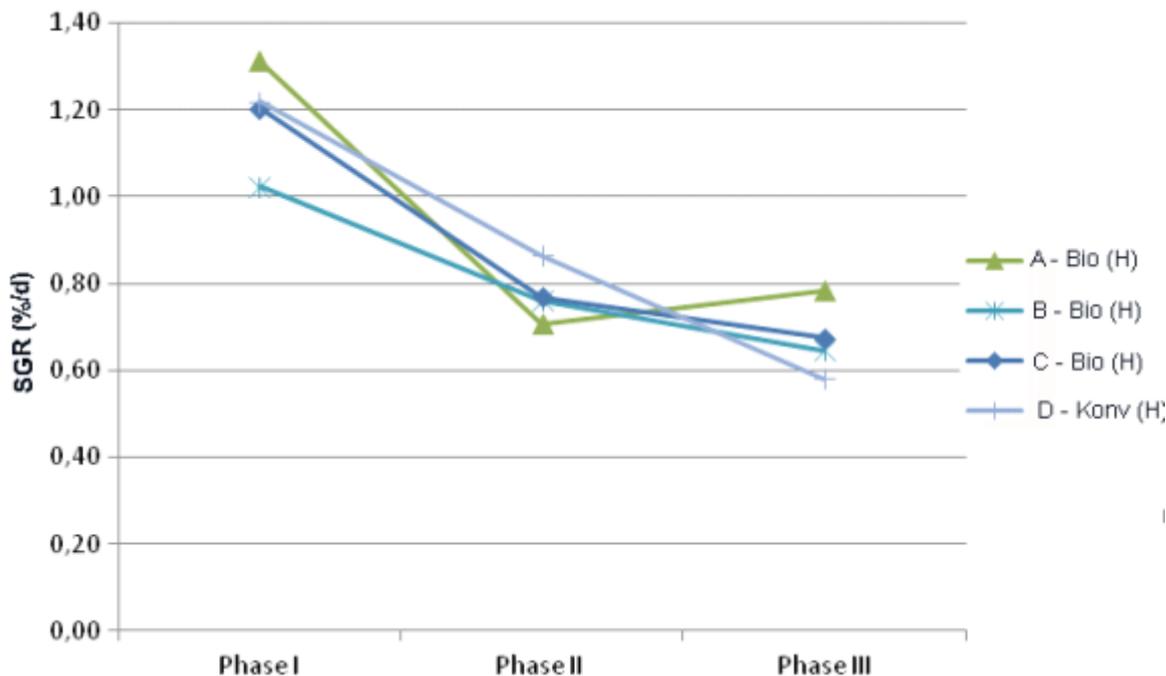


Abb. 7: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Handfütterung der Bachforellen

Im Vergleich zur Handfütterung (Abbildung 7) war bei der Automatenfütterung (Abbildung 8) ein etwas gleichmäßigeres Wachstum der Gruppen in den ersten beiden Phasen der Aufzucht erkennbar. Gruppe A-Bio (A) erreichte in der ersten Aufzuchtphase eine SGR von 0,98 %/d, in Phase II von 0,99 %/d und in der letzten Aufzuchtphase (III) von 0,46 %/d. Für alle drei Phasen ergab sich eine SGR von 0,85 %/d. Für Gruppe B-Bio (A) wurden in den Phasen I-III Werte von 1,00 %/d (Phase I), 1,01 %/d (Phase II) und 0,51 %/d (Phase III) ermittelt. Es ergab sich über den gesamten Untersuchungszeitraum eine SGR von 0,77 %/d. Gruppe C-Bio (A) verfügte in Phase I mit einer SGR von 1,12 %/d über die höchste Wachstumsleistung der automatengefütterten Gruppen. In den beiden folgenden Aufzuchtphasen sinkt die SGR auf 0,95 %/d (Phase II) und 0,58 %/d (Phase III) ab. Insgesamt wurde für diese Gruppe eine SGR von 0,90 errechnet. Auch die konventionell ernährte Gruppe D-Konv (A) erreichte ihre höchste SGR in der ersten Aufzuchtphase (Phase I) mit 0,99 %/d. Während die Gruppe D (A) in der zweiten Aufzuchtphase (II) diese Wachstumsrate aufrechterhalten konnte, fällt der Wert in Phase III auf 0,37 %/d ab (gesamt: 0,76 %/d). Werden Hand- und Automatenfütterung zusammengefasst, so ergeben sich über die gesamte Produktionsdauer insgesamt sehr ähnliche spezifische Wachstumsraten: Geringfügig niedrigere Raten wurden für die Gruppen D-Konv und B-Bio mit 0,79 bzw. 0,80 %/d errechnet. Etwas bessere Wachstumsraten wiesen die Gruppen A-Bio (0,90 %/d) und C-Bio (0,89 %/d) auf.

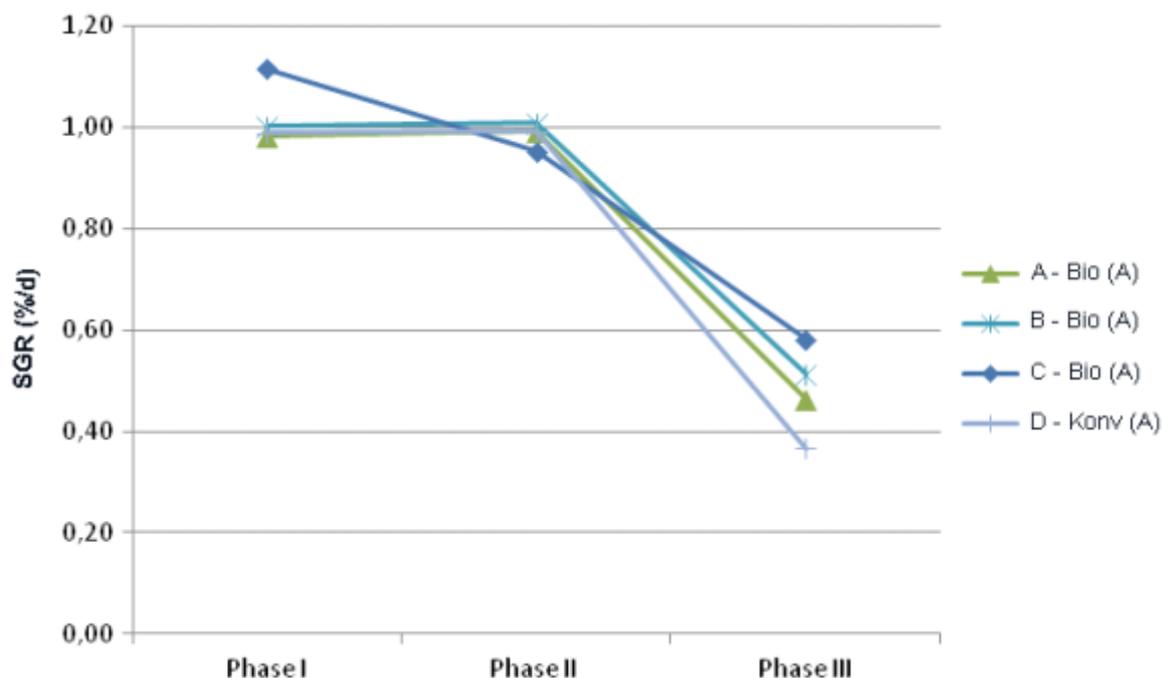


Abb. 8: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Bachforellengruppen bei der Automatenfütterung

Auffällig sind die höheren SGR bei Handfütterung in der ersten Aufzuchtphase (I). Dagegen verfügten die automatengefütterten Bachforellen in Phase II über höhere Wachstumsraten, unabhängig von den Futtermitteln. Während in der letzten Phase (III) die Wachstumsrate bei der Handfütterung moderater abnimmt, bzw. bei Gruppe A-Bio (H) sogar wieder ansteigt, fällt die Wachstumsrate bei Automatenfütterung stark ab.

6.3.2.5 Individuelle Wachstumsleistung

Die Einzelwägungen der Gruppen wurden mit jeweils 35 Fischen durchgeführt und ergaben für Gruppe A-Bio ein mittleres Stückgewicht von $326,8 \pm 49,61$ g bei der Handfütterung (H) und $329,1 \pm 42,16$ g bei der Automatenfütterung (A). Gruppe B-Bio verfügte über durchschnittliche Stückgewichte von $292,6 \pm 28,18$ g (H) und $303,9 \pm 33,25$ g (A). Für Gruppe C-Bio errechneten sich mittlere Stückmassen von $343,1 \pm 42,16$ g (H) und $333,3 \pm 34,87$ g (A). Die mit einem konventionellem Futtermittel gefütterte Gruppe D-Konv wies mit $288,0 \pm 26,8$ g (H) und $302,7 \pm 30,21$ g (A) die geringsten mittleren Stückgewichte auf (Abb. 9).

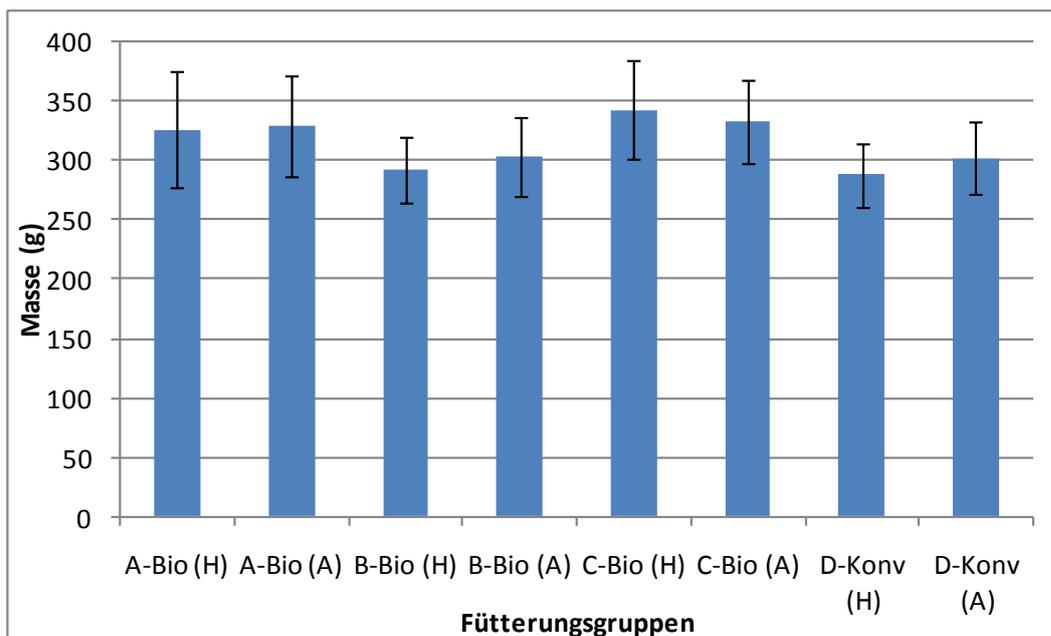


Abb. 9: Mittlere Stückgewichte der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht (n=35)

Der Vergleich der Totallängen der Forellen ergab bei allen Gruppen keinen nachweisbaren Einfluss der Fütterungsart auf die Längenentwicklung (Abb. 10). Für Gruppe A-Bio wurden mittlere Totallängen von $29,5 \pm 1,38$ cm (H) und $29,3 \pm 1,57$ cm (A) errechnet. Gruppe B-Bio verfügte über durchschnittliche Längen von $28,2 \pm 1,02$ cm (H) und $28,5 \pm 1,07$ cm (A). Die höchsten Durchschnittswerte wurden mit $30,2 \pm 2,07$ cm bei der Handfütterung und $29,7 \pm 1,11$ cm bei der Automatenfütterung bei der Gruppe C-Bio ermittelt. Die mittleren Längen der Gruppe D-Konv betragen $28,6 \pm 1,09$ cm (H) und $28,90 \pm 1,21$ cm (A).

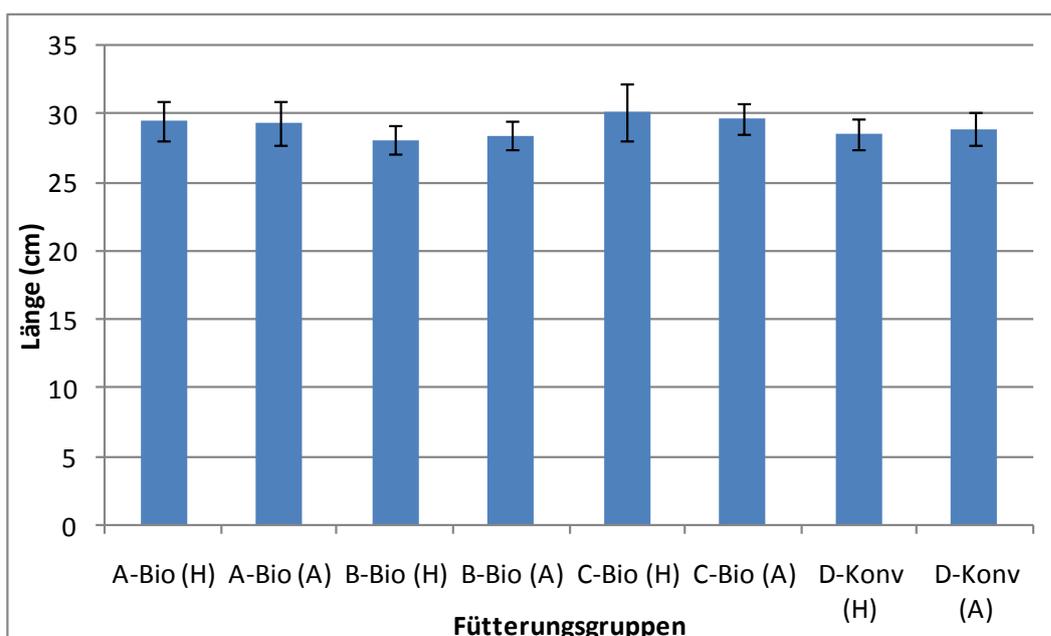


Abb. 10: Mittlere Totallängen der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht (n=35)

Geringfügige Unterschiede ergaben sich bei der Berechnung der Korpulenzfaktoren der Bachforellen (Abb. 11). Für Gruppe A-Bio (H) wurde ein mittlerer Korpulenzfaktor von $1,26 \pm 0,10$ und für die Automatenfütterung (A) von $1,30 \pm 0,12$ ermittelt. Gruppe B-Bio verfügte über eine mittlere Korpulenz von $1,31 \pm 0,10$ (H) und $1,32 \pm 0,11$ (A). Etwas geringere Werte wurden für die Gruppen C-Bio und D-Konv errechnet. Gruppe C-Bio wies mittlere Korpulenzfaktoren von $1,26 \pm 0,16$ (H) und $1,27 \pm 0,10$ auf, während für die Gruppe D-Konv mit $1,23 \pm 0,09$ (H) und $1,25 \pm 0,09$ die geringsten Werte ermittelt wurden.

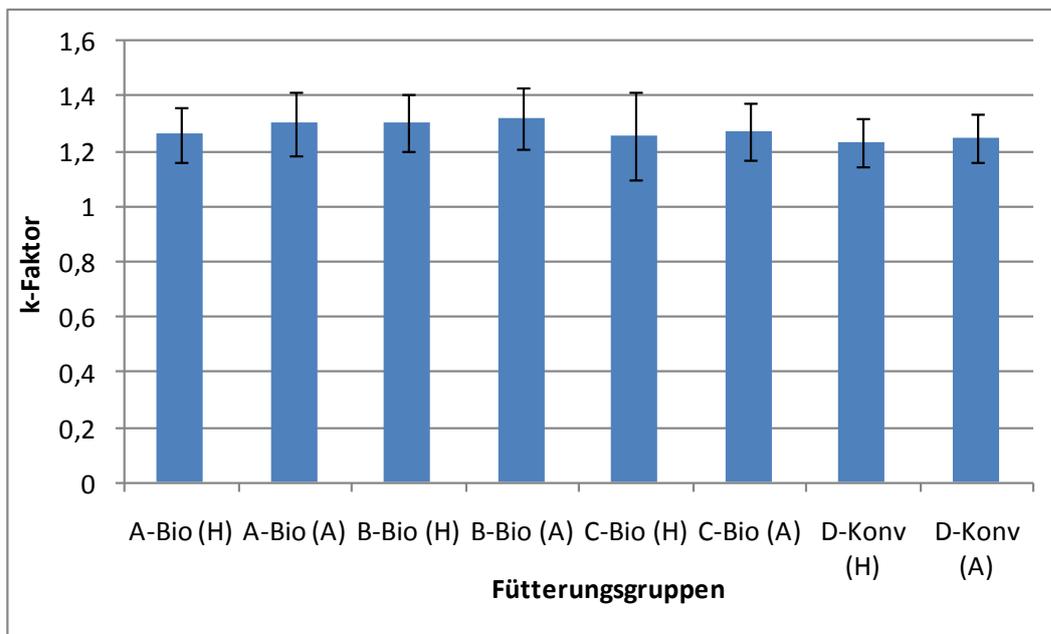


Abb. 11: Mittlere Korpulenzfaktoren (*k*-Faktor) der Gruppen am Ende der Bachforellenaufzucht ($n=35$)

6.3.2.6 Futtermittelverwertung

Abbildungen 12 und 13 zeigen die Futterquotienten (FQ) der Gruppen im Verlauf des Versuches. Abb. 12 stellt die Entwicklung der Futterquotienten der handgefütterten Gruppen dar. Dabei erreichte Gruppe A-Bio (H) im ersten Versuchsabschnitt (Phase I) einen FQ von 0,79, in Phase II von 0,92 und im letzten Abschnitt (Phase III) von 1,10. Über den gesamten Aufzuchtzeitraum ergab sich somit ein FQ von 1,02. Für Gruppe B-Bio (H) errechnete sich in Phase I ein FQ von 0,90, in Phase II verbesserte sich die Futterverwertung mit einem FQ von 0,84 geringfügig, um aber in Phase III wieder deutlich schlechter nachzulassen (FQ: 1,42). Dadurch ergab sich für die gesamte Aufzuchtdauer ein FQ von 1,20. Ein ähnlicher Verlauf konnte bei den Gruppen C-Bio (H) und D-Konv (H) festgestellt werden. Bei Gruppe C-Bio (H) verbesserte sich die Futterverwertung in der Phase II mit 0,80 gegenüber der Phase I (0,83) leicht. In der dritten Aufzuchtphase (III) verringerte sich die Futterverwertung mit einem FQ von 1,34. Insgesamt wurde für Gruppe C-Bio (H) ein FQ von 1,14 nachgewiesen. Auch Gruppe D-Konv (H) wies in der Phase II mit einem FQ von 0,81 eine bessere Futterverwertung auf, als in dem ersten Versuchsabschnitt (I) mit einem FQ von 0,88. Allerdings wurde für diese Gruppe in Phase III die schlechteste Futterverwertung mit einem FQ von 1,57 nachgewiesen. Daraus berechnet sich für die gesamte Produktionsdauer ein FQ von 1,20. Eine stabile Futterverwertung wurde in den ers-

ten beiden Phasen ermittelt, mit nur geringen Unterschieden zwischen den vier Gruppen. In der letzten Aufzuchtphase (Phase III) stieg der Futterquotient stark an, was auf eine geringere Futterraufnahme und den Beginn der Laichreife der Bachforellen zurückgeführt werden kann. Allerdings zeigt auch der Vergleich von Hand- und Automatenfütterung deutliche Unterschiede in Phase III auf. Während die Futterquotienten der Gruppen bei der Handfütterung zwischen 1 und 1,5 schwanken, sind sie bei der Automatenfütterung höher (1,5-2,5).

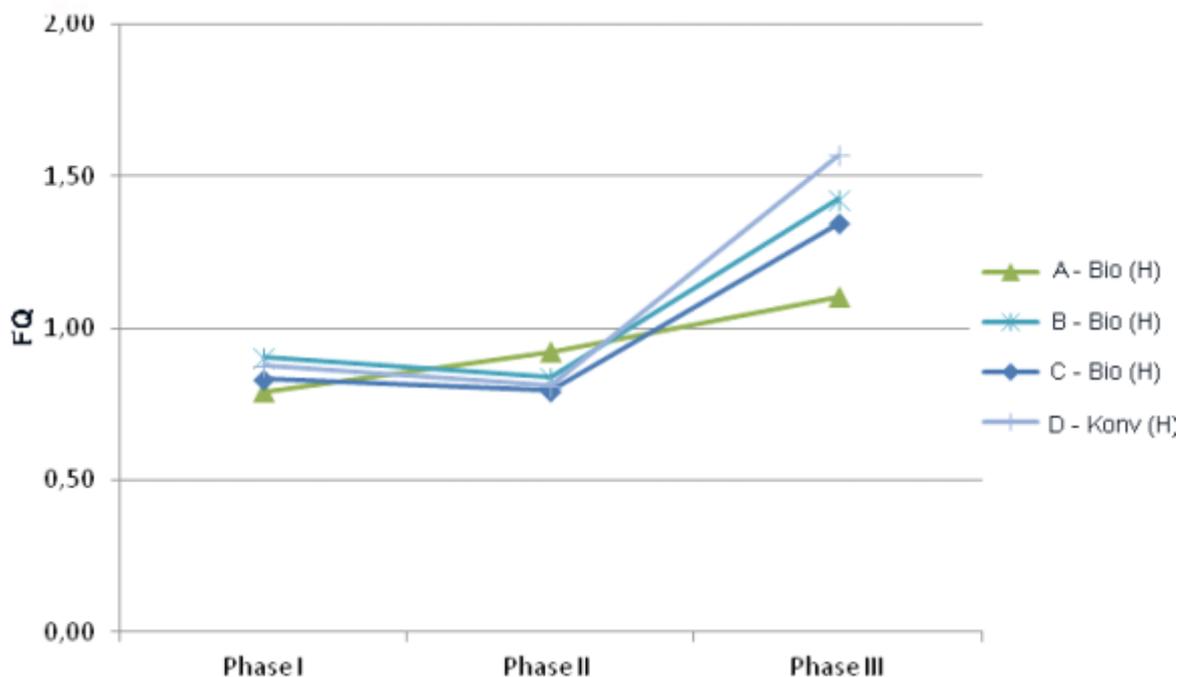


Abb. 12: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Handfütterung der Bachforellen

Abbildung 13 stellt die Entwicklung der Futterquotienten der automatengefütterten Gruppen dar. Gruppe A-Bio (A) erreichte in Phase I einen FQ von 0,91, der sich in Phase II auf 0,84 verbesserte. In der letzten Phase (III) verwertete diese Gruppe das Futter mit einem FQ von 1,98 allerdings nur noch schlecht. Insgesamt ergab sich für die Gruppe A-Bio (A) ein FQ von 1,41. Gruppe B-Bio (A) zeigte einen ähnlichen Verlauf auf, für Phase I wurde ein FQ von 0,73 errechnet, der sich in Phase II geringfügig verschlechterte (0,83). Auch bei dieser Gruppe kam es in Phase III zu einer deutlichen Verschlechterung der Futtermittelnutzung (FQ: 1,95), was sich auch beim FQ des gesamten Aufzuchtzeitraums widerspiegelte (1,33). Für Gruppe C-Bio (A) wurde für Phase I ein FQ von 0,82, für Phase II von 0,93 und für die dritte Aufzuchtphase (III) von 1,54 errechnet (gesamt: 1,25). Die Gruppe D-Konv (A) verbesserte ihre Futtermittelnutzung gegenüber der Phase I (0,95) in Phase II mit 0,84. Für Phase III dagegen wurde nur eine sehr geringe Futtermittelnutzung mit einem FQ von 2,54 errechnet. Demzufolge ergab sich über die gesamte Aufzuchtperiode für die Gruppe D-Konv (A) mit 1,45 der höchste FQ aller Gruppen.

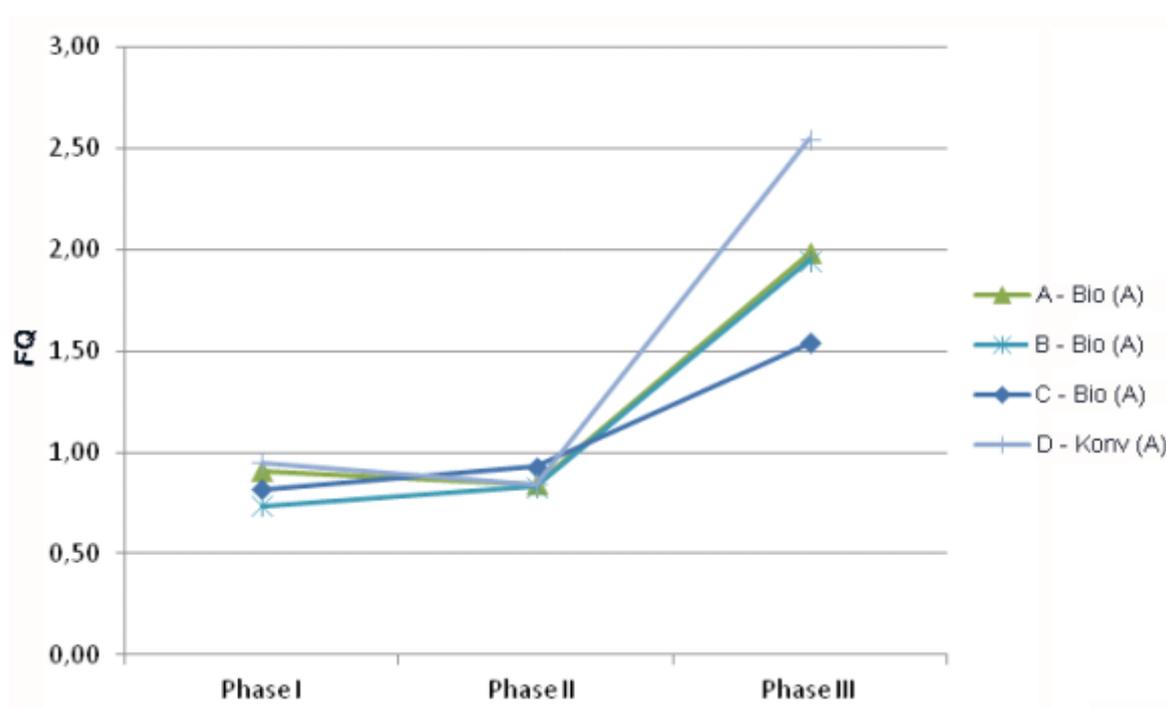


Abb. 13: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Bachforellen

Insgesamt wurde eine stabile Futterverwertung nur für die ersten beiden Phasen ermittelt. Die Unterschiede zwischen den vier Gruppen und den beiden Fütterungsarten waren in diesen Abschnitten der Aufzucht nur gering. In der letzten Aufzuchtphase (Phase III) stieg der Futterquotient bei allen Fütterungsgruppen stark an, was auf eine reduzierte Futteraufnahme und den Beginn der Laichreife der Bachforellen zurückgeführt werden kann. Allerdings zeigt auch der Vergleich von Hand- und Automatenfütterung deutliche Unterschiede in Phase III auf: Während die Futterquotienten der Gruppen bei der Handfütterung zwischen 1 und 1,5 schwankten, waren sie bei der Automatenfütterung mit Werten zwischen 1,5-2,5 insgesamt höher.

6.3.2.7 Kostenvergleich der ökologischen mit der konventionellen Aufzucht

In Abbildung 14 sind die Futterkosten der drei Aufzuchtphasen dargestellt. Während in den ersten beiden Aufzuchtphasen die Futterkosten nur wenig durch die Art der Fütterung beeinflusst werden, wird in Phase III ein deutlicher Einfluss der Futtermittelverabreichung ersichtlich. Bei allen Gruppen übersteigen die Futterkosten bei Automatenfütterung die Futterkosten bei einer Handfütterung. Für Gruppe A-Bio betragen die Futterkosten in Phase I 1,58 (H) und 1,82 €/kg Zuwachs bei Automatenfütterung (A). In Phase II stiegen die Futterkosten auf 2,04 (H) bzw. 1,86 €/kg Zuwachs (A) an. Während in Phase III die Futterkosten für die Handfütterung mit 2,20 €/kg Zuwachs nur leicht anstiegen, verdoppelten sich die Futterkosten bei der Automatenfütterung (3,97 €/kg Zuwachs). Während der Aufzucht von Gruppe B-Bio beliefen sich die Futterkosten in Phase I bei auf 1,96 (H) und 1,59 €/kg Zuwachs (A). In Phase II lagen die Futterkosten bei Handfütterung mit 1,69 €/kg Zuwachs und bei Automatenfütterung mit 1,67 €/kg Zuwachs eng beieinander. In der dritten Aufzuchtphase (III) stiegen die Kosten für das Futtermittel mit 2,56 (H) und 3,50 €/kg Zuwachs (A) deutlich an. Für Gruppe C-Bio wurden in der ersten Aufzuchtpha-

se (I) Futterkosten von 1,42 (H) und 1,40 €/kg Zuwachs (A) errechnet, in Phase II betragen die Futterkosten 1,36 €/kg Zuwachs bei der handgefütterten Gruppe (H) und bei der Automaten-Gruppe (A) 1,59 €/kg Zuwachs. Mit 2,30 (H) und 2,63 €/kg Zuwachs (A) war bei der Gruppe C-Bio der moderateste Anstieg der Futterkosten je Kilogramm Zuwachs zu verzeichnen. Die Kosten des konventionellen Futtermittels (Gruppe D-Konv) betragen in Phase I 1,09 (H) und 1,19 €/kg Zuwachs (A) und in Phase II sanken sie auf 0,95 bzw. 0,98 €/kg Zuwachs ab. In der letzten Aufzuchtphase (III) verdoppelten sich die Futterkosten bei der Handfütterung (1,83 €/kg Zuwachs) und verdreifachten sich bei der Automatenfütterung (2,98 €/kg Zuwachs). Für die gesamte Aufzucht ergaben sich somit Futterkosten für Gruppe A-Bio von 2,07 (H) und 2,88 €/kg Zuwachs (A). Die Gesamtfutterkosten für Gruppe B-Bio beliefen sich auf 2,26 (H) und 2,50 €/kg Zuwachs bei Automatenfütterung. Mit Futterkosten von 1,94 €/kg Zuwachs bei der Handfütterung und 2,14 €/kg Zuwachs bei Automatenfütterung waren die Futterkosten für Gruppe C-Bio geringfügig niedriger als bei den anderen Biofuttermitteln. Deutlich niedriger waren die Futterkosten für das konventionelle Futtermittel der Gruppe D-Konv (1,42 €/kg Zuwachs bei Handfütterung; 1,80 €/kg Zuwachs bei Automatenfütterung). Diese deutlichen Unterschiede ergaben sich aufgrund der deutlich höheren Preise für Öko-Futtermittel (durchschnittlich 1,93 €/kg gegenüber 1,20 €/kg). Damit lagen die Futterkosten für die Erzeugung von einem Kilogramm Fisch bei den Biofuttermitteln um im Mittel 43 % über den Futterkosten der konventionell gefütterten Fische (2,30 €/kg vs. 1,61 €/kg) (Tab. 9).

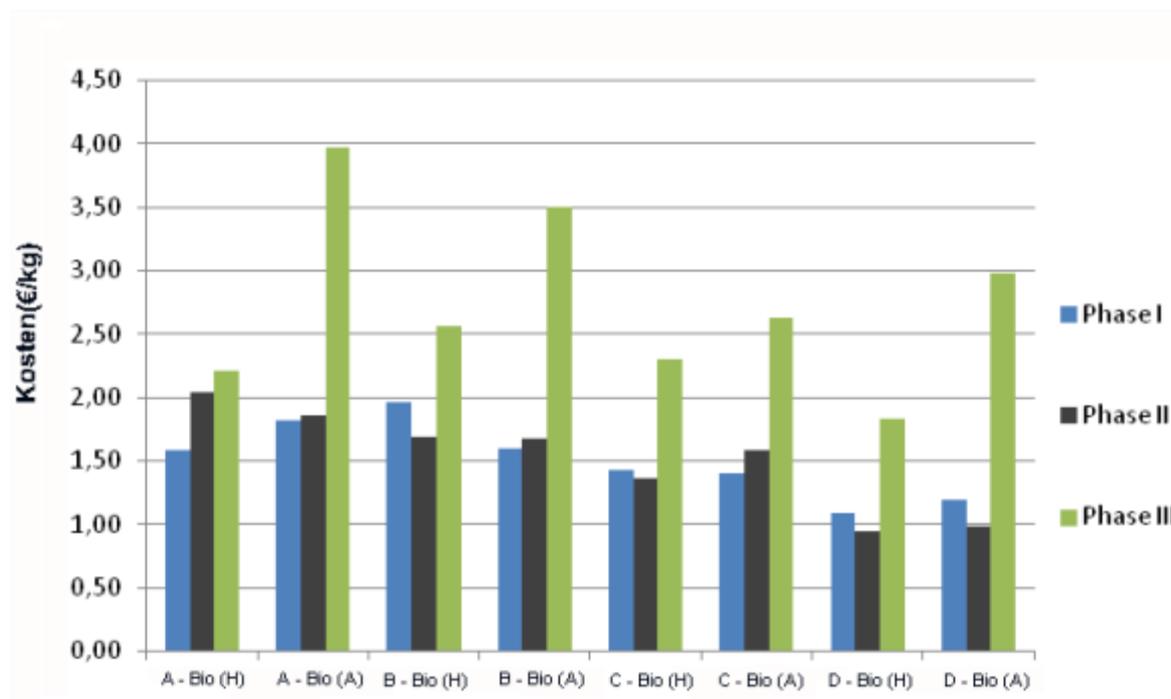


Abb. 14: Vergleich der Kosten der vier Futtermittel in €/kg Zuwachs der Bachforellen

Tab. 9: Futterkosten bei der Aufzucht von Bachforellen (in €/kg Zuwachs)

Futtermittel/Methode	Fütterungsart	Futterpreise €/kg	Futterkosten €/kg Zuwachs		
A-Bio	Hand	2,07	2,07	2,44	2,30
A-Bio	Automat		2,88		
B-Bio	Hand	2,00	2,26	2,38	
B-Bio	Automat		2,50		
C-Bio	Hand	1,71	1,94	2,04	
C-Bio	Automat		2,14		
D-Konv	Hand	1,19	1,42	1,61	
D-Konv	Automat		1,80		

6.3.3 Produktqualität

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der chemischen, sensorischen und physikalischen Beurteilungen der Proben dargestellt.

6.3.3.1 Geschlechtsreife

Bei der Entwicklung der Gonaden ergaben sich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen. Der Anteil an geschlechtsreifen männlichen Fischen lag bei 99 Prozent, während der Anteil an geschlechtsreifen weiblichen Fischen mit 4 % nur gering war.

6.3.3.2 Schlachtkörperuntersuchungen

Abbildung 15 zeigt die mittleren prozentualen Anteile des Schlachtkörpers, der Innereien und der Gonaden am Gesamtgewicht der Bachforellen. Zwischen den Gruppen konnten nur geringfügige Unterschiede festgestellt werden, die statistisch nicht abgesichert werden konnten. Mit einem mittleren Anteil von über 89 % am Gesamtgewicht hatte die Gruppe C die höchste Schlachtkörperausbeute und den geringsten Innereienanteil, jedoch auch die am weitesten entwickelten Gonaden. Insbesondere die Gruppen B und D verfügten im Mittel über höhere Innereienanteile und insgesamt geringere Schlachtkörperausbeuten. Die Art der Futtermittelverabreichung hatte keinen Effekt auf die Schlachtkörperzusammensetzung der Bachforellen.

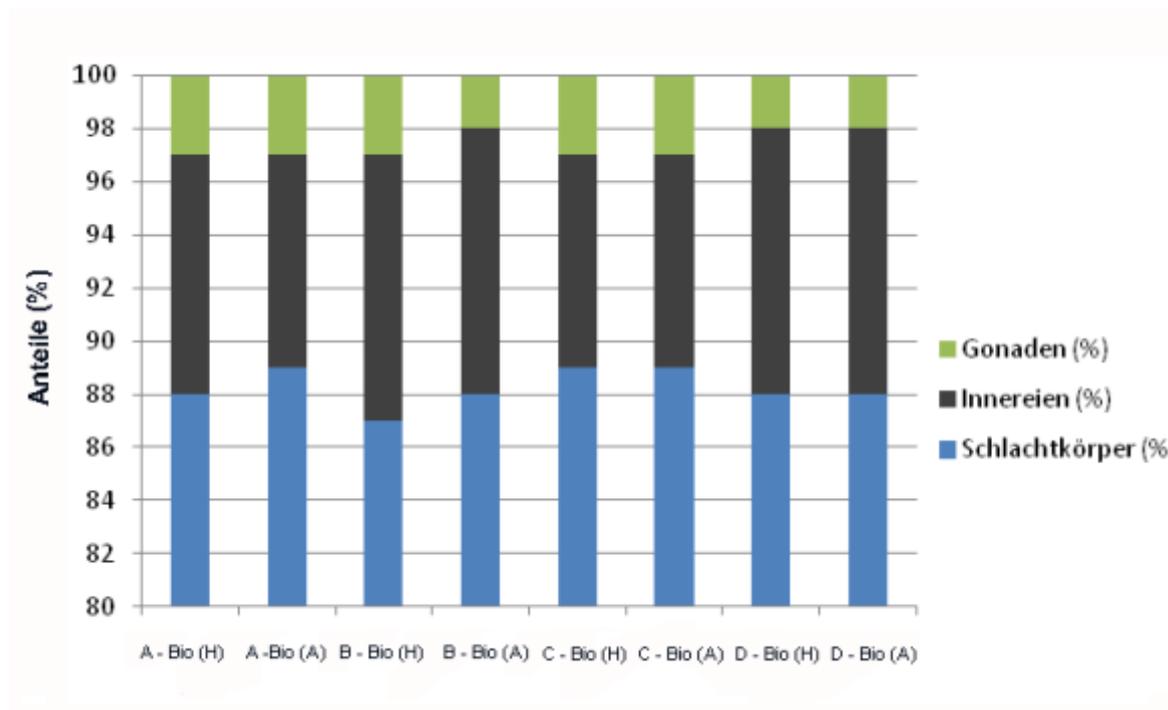


Abb. 15: Prozentuale Gewichtsanteile der Schlachtkörper, Innereien und Gonaden der Bachforellengruppen (n=35)

Die mittleren Schlachtgewichte der Fütterungsgruppen variierten zwischen 255 g und 319 g, aber auch innerhalb einer Gruppe gab es Gewichtsunterschiede von mehr als 100 g. Ein systematischer Einfluss der Verabreichung des Futters, per Hand oder Automat, war nicht festzustellen. Die Filetausbeuten bei der Handfiletierung der ausgenommenen Forellen mit anschließender manueller Enthäutung schwankten zwischen 39,0 % und 44,4 %. Die geringsten Filetausbeuten (Filets ohne Haut) wurden bei Gruppe B-Bio ermittelt. Ein geringfügiger Unterschied zwischen den Gruppen wurde beim Anteil geschlechtsreifer Fische festgestellt. Während bei den mit Bio-Futtermitteln aufgezogenen Gruppen A-Bio, B-Bio und C-Bio deutlich über 50 % der Tiere am Ende der Aufzuchtphase die Geschlechtsreife erreichten, blieb der Anteil bei der Gruppe D-Konv unter 50 %. Auffällig ist auch ein bei allen Gruppen höherer Anteil an geschlechtsreifen Fischen bei der Handfütterung (Tab. 10).

Tab. 10: Lebendgewichte, Schlachtkörperausbeute und Filetgewichte der Bachforellengruppen bei Handzerlegung

Probe	n = 10	Lebendgewicht (g)	Schlachtgewicht (g)	Filet mit Haut (g)	Filet ohne Haut (g)	Filet ohne Haut * %	Anteil geschlechtsreifer Tiere (%)
A-Bio (H)	Mittel	326,8	319,2	166,0	145,0	44,4	62
	min-max		259 - 378	138 - 219	124 - 199		
A-Bio (A)	Mittel	329,1	290,5	152,5	134,8	41,0	54
	min-max		237 - 388	115 - 217	101 - 197		
B-Bio (H)	Mittel	292,6	255,0	130,2	114,0	39,0	65
	min-max		219 - 299	105 - 158	90 - 143		
B-Bio (A)	Mittel	303,9	270,7	140,0	123,7	40,7	57
	min-max		229 - 346	112 - 178	98 - 159		
C-Bio (H)	Mittel	343,1	315,1	167,0	149,0	43,4	65
	min-max		251 - 371	132 - 213	112 - 193		
C-Bio (A)	Mittel	333,3	280	149,6	132,6	39,8	57
	min-max		226 - 340	122 - 177	105 - 158		
D-Konv (H)	Mittel	288,0	250,9	129,5	115,8	40,2	48
	min-max		217 - 318	108 - 174	97 - 153		
D-Konv (A)	Mittel	302,7	274,4	147,1	131,4	43,4	37
	min-max		221 - 326	113 - 180	97 - 160		

*) bezogen auf das Lebendgewicht

6.3.3.3 Chemische Zusammensetzung der Bachforellenfilets

Es wurde die chemische Zusammensetzung der enthäuteten Filets von jeweils 10 Einzelfischen pro Fütterungsvariante, d. h. von insgesamt 80 Fischen, sowie die jeweils in der letzten Fütterungsphase eingesetzten Futtermittel analysiert.

In Tabelle 11 sind die mittleren Nährstoffanteile und pH-Werte der Forellenfilets und die Schwankungen zusammengestellt. Die Wassergehalte der Filets waren zwischen den Gruppen nahezu identisch und bewegten sich im Mittel zwischen 73,8 (Gruppe C-Bio (H)) und 74,4 % (Gruppe A-Bio (H)). Der mittlere Fettgehalt der Filets schwankte in einem Bereich von 5,5 (Gruppe B-Bio (H)) und 6,9 % (Gruppe D-Bio (A)). Insgesamt war bei Gruppe D-Bio der Rohfettanteil leicht erhöht, was auch teilweise statistisch abgesichert werden konnte (Gruppe D-Konv (A)). Auch innerhalb einer Fütterungsgruppe traten erhebliche variierende Fettgehalte auf. So wurden z. B. bei den Forellen der Gruppe A-Bio (A) Fettgehalte im Muskelfleisch zwischen 4,2 % und 9,0 % gemessen (Tab. 16). Der Proteinanteil variierte nur gering: es wurden mittlere Proteinanteile von 18,4 (Gruppe B-Bio (H)) bis 19,7 % (Gruppe D-Konv) ermittelt. Unabhängig von der Art der Fütterung wurden bei Gruppe D-Konv die höchsten Anteile bestimmt, dagegen wurden bei allen drei Bio-Gruppen etwas geringere Proteinanteile nachgewiesen. Der prozentuale Anteil der Mineralstoffe im Filet belief sich auf 0,7 bis 1,1 %, wobei die Filets der Gruppe B-Bio mit 0,7 % über den geringsten Gehalt verfügten. Der pH Wert im Filet war fast bei allen

Gruppen einheitlich und konstant (pH: 6,6). Ein minimaler Unterschied wurde nur für Gruppe A-Bio ermittelt (pH: 6,7). Insgesamt konnten zwischen Hand- und Automatenfütterung keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Schlachtkörperzusammensetzung festgestellt werden (t-test, $p < 0,05$). Die Bandbreite der Minimal- und Maximalwerte deutet auf eine heterogenere Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei einer Automatenfütterung hin.

Tab. 11: Chemische Zusammensetzung und mittlerer pH-Wert der Filets der Bachforellen

Probe	n = 10	Wasser %	Fett*) %	Protein %	Mineralstoff %	pH-Wert	Bruttoenergiegehalt MJ/kg FM
A-Bio (H)	Mittelwert	74,4	5,9 ^{bc}	18,5	1,1	6,7	6,8
	min.-max.	73,5 - 75,4	4,3 - 7,8	17,9 - 19,2	1,0 - 1,3		
A-Bio (A)	Mittelwert	74,1	5,9 ^{bc}	18,6	0,7	6,7	6,9
	min.-max.	71,9 - 76,1	4,2 - 9,0	17,6 - 19,4	0,4 - 0,9		
B-Bio (H)	Mittelwert	74,9	5,5 ^c	18,4	0,7	6,6	6,7
	min.-max.	73,1 - 76,5	4,9 - 6,5	17,8 - 19,1	0,6 - 0,8		
B-Bio (A)	Mittelwert	74,3	5,9 ^{bc}	18,6	0,7	6,6	6,9
	min.-max.	72,8 - 75,1	4,7 - 7,1	18,2 - 19,0	0,6 - 0,8		
C-Bio (H)	Mittelwert	73,8	6,2 ^{ab}	19,4	1,1	6,6	7,0
	min.-max.	71,4 - 75,1	5,1 - 9	19,1 - 19,8	0,8 - 1,4		
C-Bio (A)	Mittelwert	74,6	5,7 ^{bc}	18,7	0,8	6,6	6,8
	min.-max.	73,3 - 76,1	4,7 - 7,3	17,8 - 19,5	0,7 - 1,0		
D-Konv (H)	Mittelwert	74,9	6,2 ^{ab}	19,7	0,9	6,6	6,9
	min.-max.	73,3 - 75,2	5,3 - 7,4	18,1 - 21	0,7 - 1,1		
D-Konv (A)	Mittelwert	73,9	6,9 ^a	19,7	0,9	6,6	7,2
	min.-max.	70,8 - 75,8	5,6 - 8,7	18,9 - 20,3	0,8 - 1,3		

*) Fettgehalte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$)

Die Bandbreite der gemessenen Fettgehalte der Filets wird in Abbildung 16 dargestellt. Während die Bio-Gruppen A-Bio, B-Bio und C-Bio über ähnliche Fettanteile aufwiesen, verfügte die konventionell gefütterte Gruppe D-Konv über höhere Fettgehalte. Es wird deutlich, dass die Fettgehalte der Filets bei den automatengefütterten Gruppen stärker variieren. Dies ist insbesondere bei der konventionell gefütterten Gruppe D-Konv (A) ersichtlich.

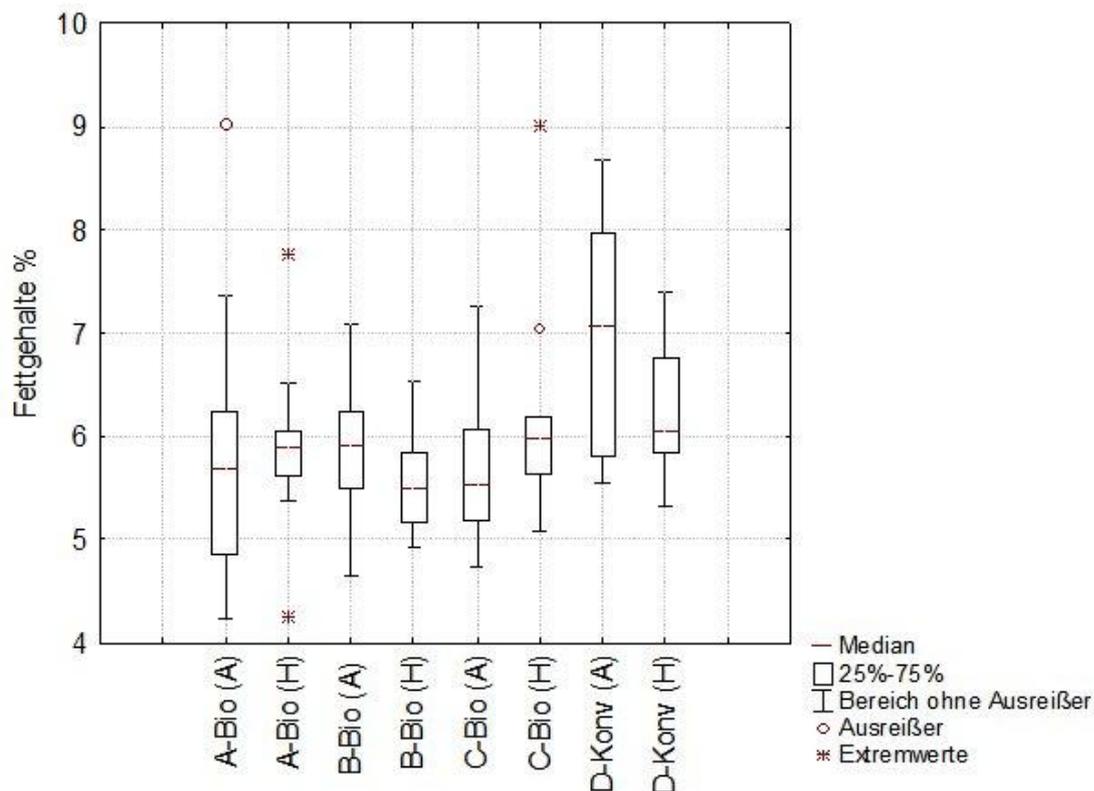


Abb. 16: Bandbreite der gemessenen Fettgehalte im Muskelfleisch von Bachforellen

6.3.3.4 Freie Aminosäuren

Die Gesamtgehalte an freien Aminosäuren unterschieden sich bei den einzelnen Fütterungsgruppen nur wenig (3,6 - 4,7 g/kg Fisch), wobei Höchstwerte bei der Gruppe C-Bio nachgewiesen werden konnten (Tab. 12). Bei dieser Fütterungsgruppe konnte auch der höchste Gehalt an essentiellen Fettsäuren ermittelt werden (1,9 und 2 g/kg). Dagegen verfügte die Gruppe D-Konv über die geringsten Gehalte an freien und essentiellen Aminosäuren. .

Bei allen untersuchten Fischen fallen die relativ hohen Gehalte an Taurin auf, wobei ein deutlicher Unterschied zwischen den konventionell (D-Konv) und den ökologisch (A-Bio, B-Bio, C-Bio) ernährten Forellen besteht. Die Bioforellen verfügten insgesamt über höhere Taurin-Gehalte.

Tab. 12: Vergleich von Eiweiß-Inhaltsstoffen im Fischmuskelextrakt

Probe	Protein %	Freie Aminosäuren g/kg	Σ essentielle Aminosäuren g/kg	Taurin g/kg
A-Bio (H)	18,5	4,5	1,6	1,2
A-Bio (A)	18,6	4,4	1,6	1,1
B-Bio (H)	18,4	4,0	1,4	1,1
B-Bio (A)	18,6	4,2	1,3	1,1
C-Bio (H)	19,4	4,7	1,9	1,3
C-Bio (A)	18,7	4,7	2,0	1,4
D-Konv (H)	19,7	4,2	1,3	0,8
D-Konv (A)	19,7	3,6	1,0	0,5

6.3.3.5 Fettsäurespektrum

Abbildung 17 zeigt das Fettsäuremuster der Filets der Fütterungsgruppen. Erwartungsgemäß zeigt sich eine von der Art der Futterverabreichung unabhängige Zusammensetzung der Fettsäuren in den Filets. Auffällig ist der geringere Gehalt an Docosahexaensäure (DHA) und Gondosäure der Filets der konventionell ernährten Forellen (Gruppe D-Konv). Dagegen ist bei ihnen der Ölsäuregehalt vergleichsweise höher. Die mit ökologischen Futtermitteln gefütterten Gruppen A-Bio, B-Bio und C-Bio weisen ähnliche Fettsäurezusammensetzungen in ihren Filets auf. Gruppe D-Konv weicht mit einem höheren Anteil an Ölsäure und Linolsäure sowie einem geringeren Anteil an langkettigen n-3 Fettsäuren (DHA und EPA) geringfügig ab.

Aus der Abbildung 19 wird deutlich, dass Forellen, die dasselbe Futter erhalten haben, auch identische Muster aufweisen. Auffallend ist die sehr gute Übereinstimmung der Fettsäuremuster in den Ökoforellen aus den Fütterungsgruppen A-Bio und C-Bio, obwohl Futtermittel von unterschiedlichen Herstellern verwendet wurden.

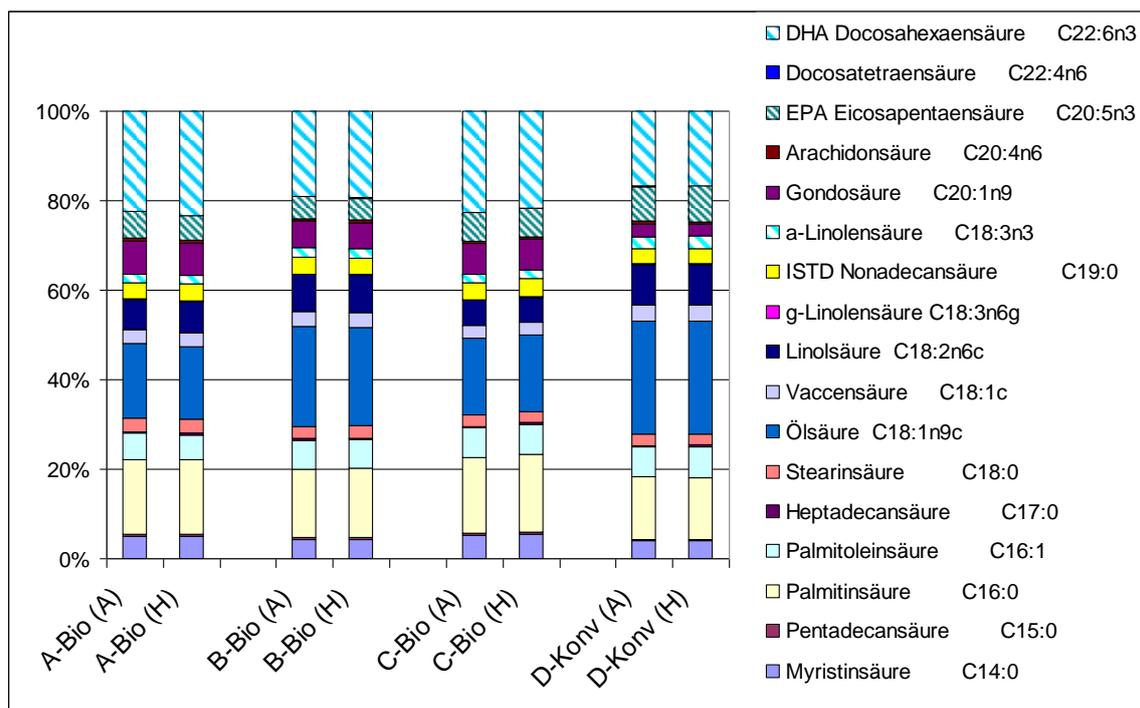


Abb. 17: Fettsäuremuster der acht Bachforellen-Fütterungsgruppen

Die in Abbildung 18 dargestellten Futtermittel weisen deutliche Unterschiede ihrer Fettsäurezusammensetzung auf. Das konventionelle Futtermittel (D-Konv) verfügte insgesamt über einen sehr hohen Anteil an langkettigen n-3 Fettsäuren (über 30 %), was aber hauptsächlich auf den hohen Gehalt an EPA zurückzuführen ist. Dagegen konnte nur ein sehr geringer Anteil Gondosäure (n-9) darin nachgewiesen werden. Das Futtermittel C-Bio weist ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis von EPA zu DHA, mit einem Anteil von insgesamt ca. 25 %, auf. Mit über 10 % Anteil am Gesamtfett war auch die Gondosäure stark vertreten. Die beiden anderen Biofuttermittel (A-Bio und B-Bio) folgen diesem Muster, wobei bei Futtermittel A-Bio der Gesamtanteil an langkettigen n-3 Fettsäuren bei ca. 30 % lag, während Futtermittel B-Bio nur über einen Anteil von ca. 20 % verfügte. Auffällig war bei Futtermittel A-Bio der geringe Gehalt der einfachungesättigten Palmitinsäure. Gegenüber den Futtermitteln D-Konv und C-Bio wurde bei den beiden anderen Futtermitteln ein doppelt so hoher Anteil an Linolsäure ermittelt. Die unterschiedlichen Fettsäuremuster der Futtermittel können durch die Verwendung unterschiedliche Rohstoffe erklärt werden. Nach Herstellerangaben besteht der Rohfettanteil Futter A-Bio ausschließlich aus Fischöl, während der Fischöl-Anteil am Gesamtfett bei C-Bio 58 % ausmacht.

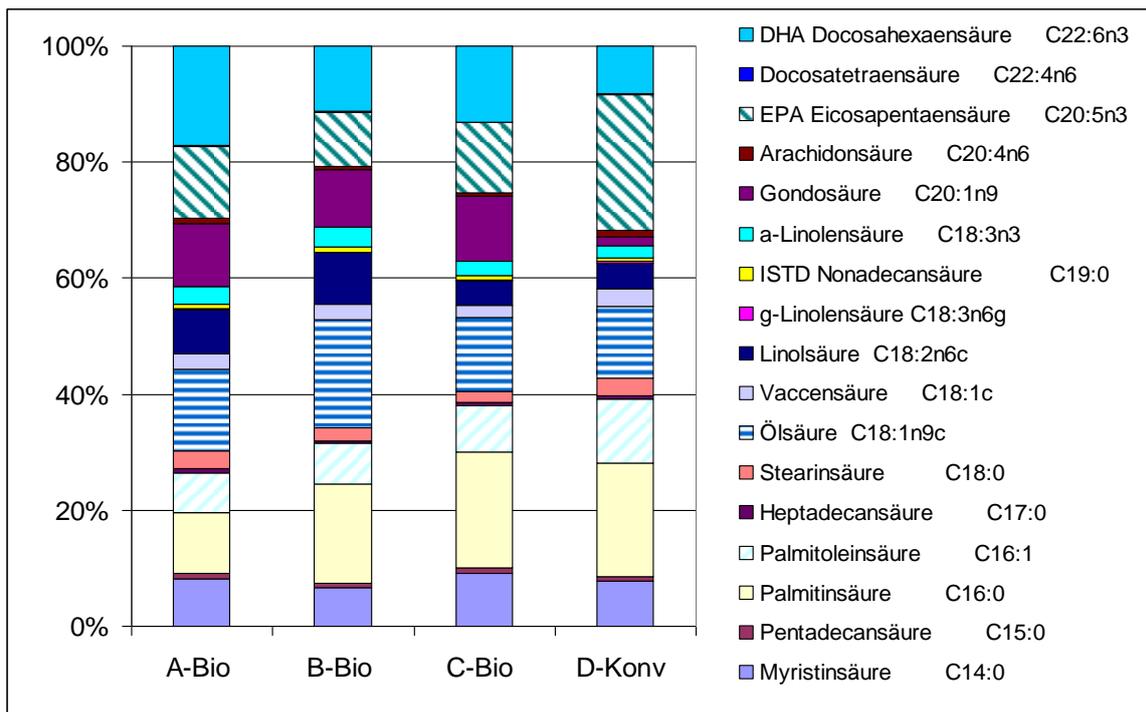


Abb. 18: Fettsäuremuster der eingesetzten Futtermittel bei der Bachforellenaufzucht

Die Fettsäurezusammensetzung der Futtermittel und der Forellenfilets wird in Abb. 19 und Tab. 13 am Beispiel der Gruppen A-Bio und C-Bio dargestellt. Der relative Anteil der DHA steigt im Fischmuskel im Vergleich zum Futter deutlich an, während sich der Anteil der EPA verringert. Auch wurde ein höherer Anteil Linolsäure (n-6) und Nonadecansäure im Filet festgestellt. Dagegen verringert sich der prozentuale Anteil der Gondosäure und der Myristinsäure.

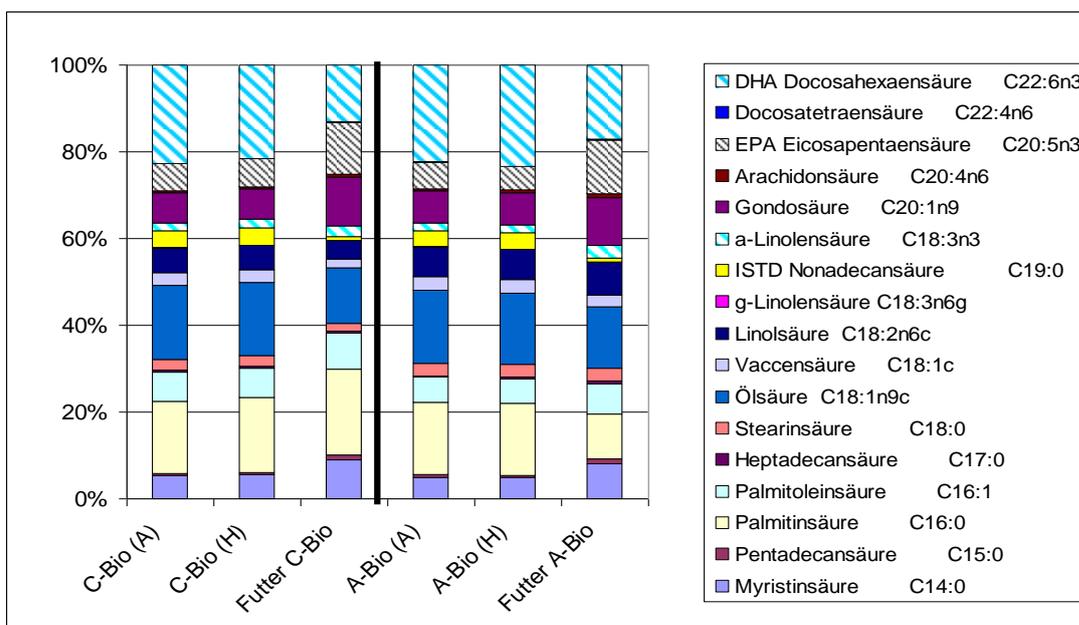


Abb. 19 Vergleich der Fettsäuremuster der Futtermittel (A-Bio und C-Bio) und des Fischfilets am Beispiel der Bachforellengruppen A-Bio und C-Bio

Tabelle 13 zeigt, dass der prozentuale Anteil der n-3-Fettsäuren des Futtermittels im Filet nahezu erhalten bleibt, bzw. sogar geringfügig ansteigt. Allerdings ändert sich die Zusammensetzung der n-3 Öle. Während große Teile der DHA im Filet wiedergefunden werden, reduziert sich der Gehalt der EPA im Filet gegenüber den Futtermitteln stark. Dagegen erhöht sich der prozentuale Anteil der n-6 Fettsäuren im Fisch gegenüber dem Futtermittel zumeist deutlich.

Tab. 13: Vergleich von Fettsäuregruppen und ausgesuchten Fettsäuren im Fischmuskel der Bachforellen und im Futter

Gruppe		Fett %	Anteil ω -3 % im Fett	Anteil ω -6 % im Fett	DHA ¹ g/100g ³	EPA ² g/100g ³
A-Bio	Hand (H)	5,9	30,7	7,6	1,4	0,3
	Auto (A)	5,9	30,2	7,5	1,3	0,4
	Futter	23,1	30,5	8,2	3,7	2,7
B-Bio	Hand (H)	5,5	26,4	9,1	1,1	0,3
	Auto (A)	5,9	26,0	9,0	1,1	0,3
	Futter	17,6	22,8	9,2	1,9	1,6
C-Bio	Hand (H)	6,2	29,9	6,3	1,3	0,4
	Auto (A)	5,7	30,9	6,2	1,3	0,4
	Futter	24,9	26,3	4,7	3,1	2,9
D-Konv	Hand (H)	6,2	27,3	9,8	1,0	0,5
	Auto (A)	6,9	27,2	9,8	1,2	0,5
	Futter	22,7	32,1	5,4	1,8	5,1

¹ DHA = Docosahexaensäure

² EPA = Eicosapentaensäure

³ Filetgewicht

6.3.3.6 Selengehalt in den Futtermitteln und den Filets

In Tabelle 14 sind die Gehalte für die verschiedenen Fütterungsgruppen und für die zuletzt eingesetzten Futter zusammengefasst.

Die Selengehalte im Futter lagen im Erwartungsbereich, allerdings war der Gehalt im konventionellen Futtermittel deutlich geringer (0,7 mg/kg) als in den drei Bio-Futtermitteln. Grund dafür ist der hohe Anteil an pflanzlichen Komponenten, die einen erheblich niedrigeren Selengehalt haben als Fischmehl. Gleiches spiegelt sich auch in den Gruppen wider, je nach Selengehalt im Futtermittel variiert der Gehalt im Muskelfleisch der Fische. Niedrigste Gehalte (0,10-0,12 mg/kg) wurden bei der konventionell gefütterten Gruppe D-Konv gefunden. Eine Abhängigkeit von der Fütterungsart ist nicht nachweisbar.

Tab. 14: Selengehalte im Futtermittel und im Muskelfleisch von Bachforellen

Gruppe	Fütterungsart	Selengehalt im Futter (mg/kg)	Selengehalt im Filet (mg/kg) n=10	Standard- abweichung	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)
A-Bio	Hand (H)	1,7	0,19	0,01	0,18	0,21
	Automatik (A)		0,19	0,01	0,17	0,21
B-Bio	Hand (H)	1,3	0,17	0,01	0,16	0,20
	Automatik (A)		0,19	0,01	0,17	0,20
C-Bio	Hand (H)	1,4	0,16	0,01	0,15	0,19
	Automatik (A)		0,17	0,01	0,15	0,18
D-Konv	Hand (H)	0,7	0,10	0,01	0,09	0,12
	Automatik (A)		0,12	0,02	0,09	0,16

6.3.3.7 Wasserbindungsvermögen, Textur, Farbe

Die Unterschiede beim Wasserbindungsvermögen der Filets sind zwischen den verschiedenen Fütterungsgruppen nur gering. Insgesamt ist weder ein gesicherter Unterschied zwischen Hand- und Automatenfütterung noch zwischen den verschiedenen Futtermitteln aufzufinden. Im Gegensatz zur Gruppe D-Konv scheint die Handfütterung bei den Bio-Futtermitteln tendenziell zu einem höheren Anteil an auspressbarem Wasser zu führen. Bei der separaten Betrachtung der Fütterungsgruppen und Fütterungsarten fällt der deutlich geringere Wert der Gruppe C-Bio bei Automatenfütterung auf (Abb. 20).

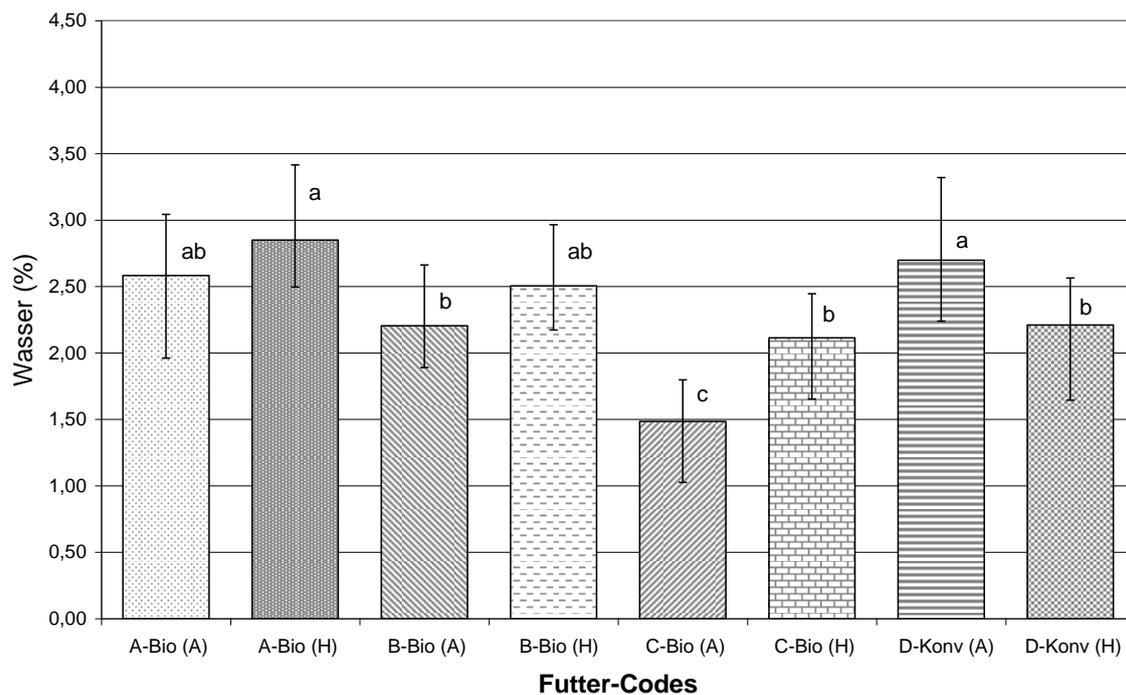


Abb. 20: Bestimmung des auspressbaren Wassers in den Bachforellenfilets der 4 Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Kraftprüfung zur Bestimmung des Texturwertes für die Filets der unterschiedlich gefütterten Bachforellengruppen. Die Werte variieren zwischen 23 und 46 N. Dabei sind die größten Unterschiede innerhalb einer Futtergruppe bei der Gruppe C-Bio festzustellen. Ebenso wie bei der Bestimmung des Wasserbindungsvermögens zeigt die automatengefütterte Gruppe C-Bio (A) zumeist abweichende, niedrigere Werte.

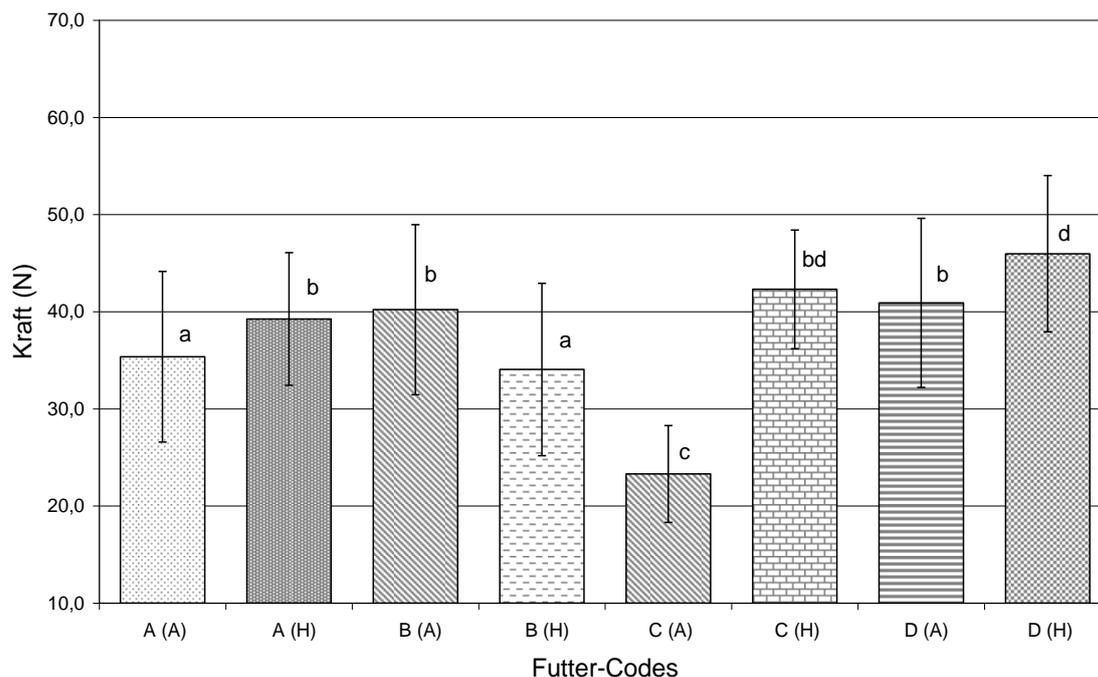


Abb. 21: Darstellung der mittleren Kraftwerte (N) für die Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten ($p < 0,05$)

Bei der Farbmessung (Abb. 22) können die Variationen der einzelnen Farbparameter als relativ gering angesehen werden (Abbildungen 23-25). Die Auswertung der Messergebnisse zeigt, dass signifikante Unterschiede am deutlichsten bei den L*-Werten (Helligkeit), gefolgt von den a*-Werten (Rotfärbung), festzustellen waren. Dagegen sind die Unterschiede zwischen den b*-Werten (Gelbwerten) generell nicht signifikant ($p < 0,05$).



Abb. 22: Instrumentelle Farbmessung an einem Bachforellenfilet

Der Vergleich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen an konventionell gefütterten Regenbogenforellen zeigte bei den ermittelten Farbwerten für die Bachforellen eine gute Übereinstimmung (Schubring 2006).

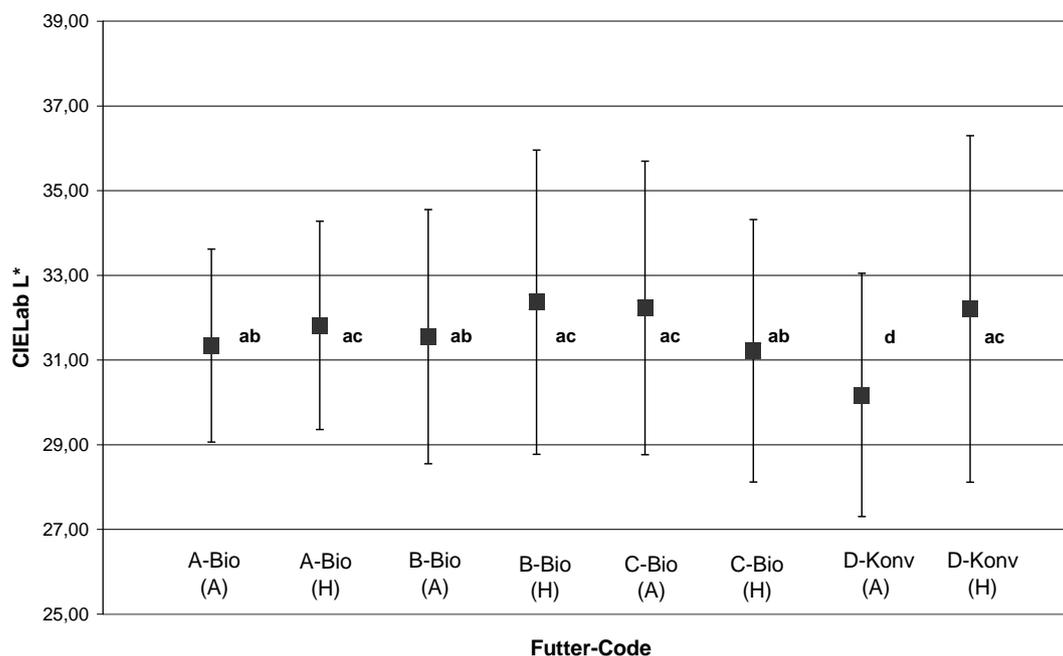


Abb. 23: L^* -Werte (Helligkeit), der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)

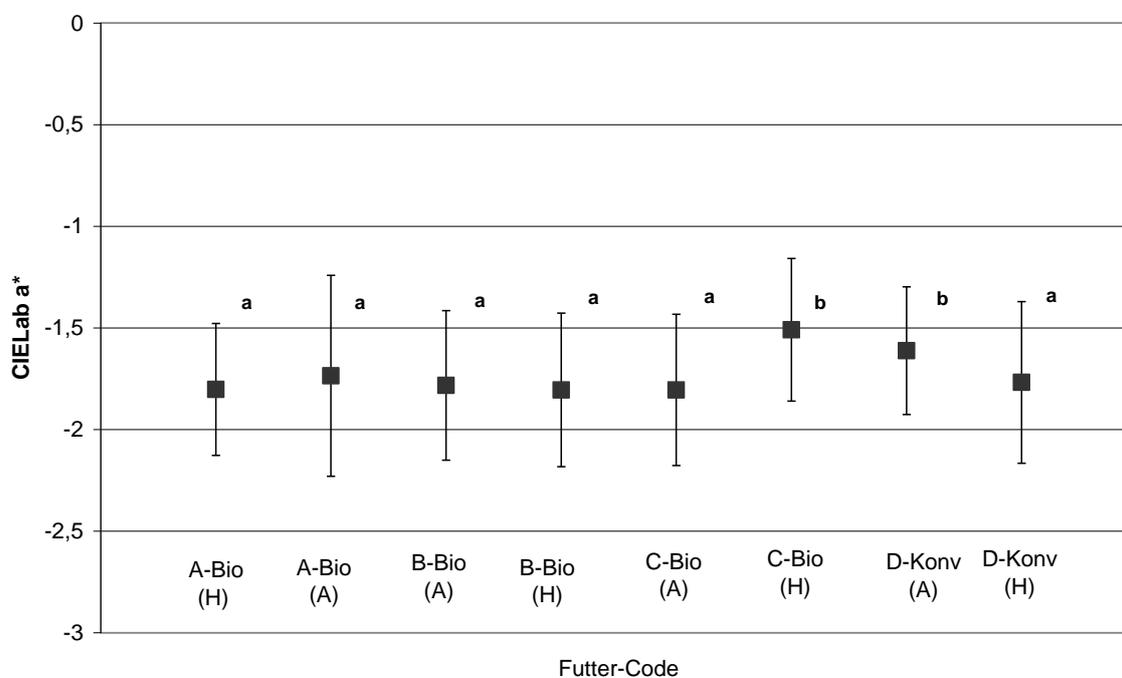


Abb. 24: a^* -Werte (Rotfärbung) der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)

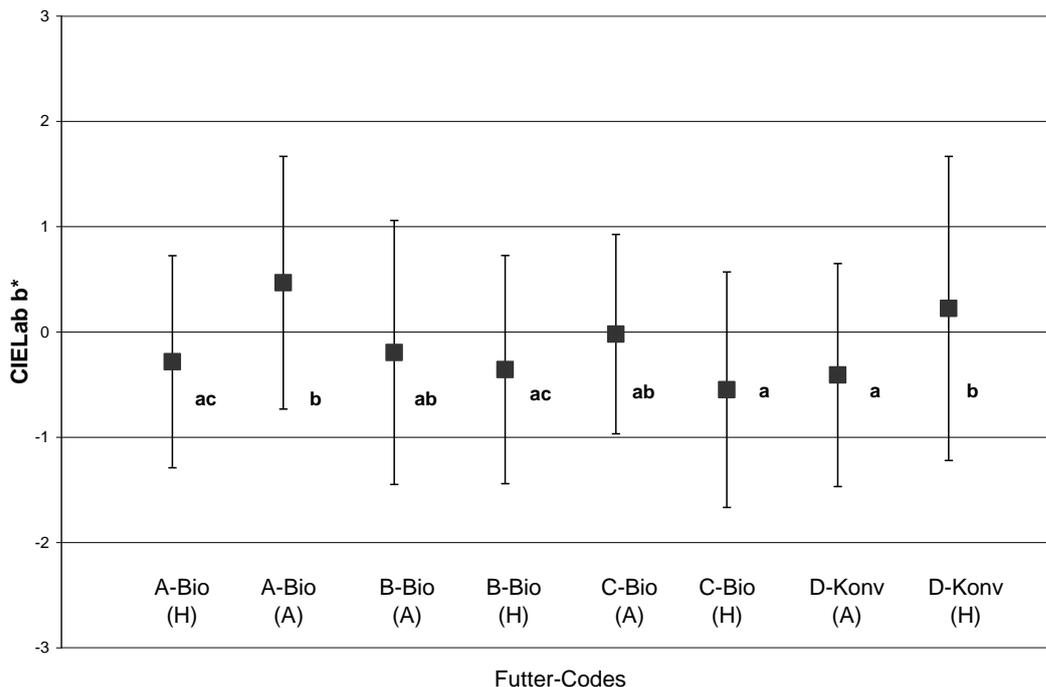


Abb. 25: b^* -Werte (Gelbfärbung) der Filets von Bachforellen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < 0,05$)

6.3.3.8 Aromaprofilanalyse

Die folgenden Abbildungen 26-29 zeigen exemplarisch die Auswertung für die konventionelle Fütterungsgruppe (D-Konv) und für ein Biofuttermittel (B-Bio). Für die elektronische Nase gab es Unterschiede zwischen einzelnen Fischen sowohl innerhalb einer Gruppe als auch zwischen den Gruppen. Es ist zu erkennen, dass die Werte zwischen den Individuen der Biogruppe stärker schwanken. Eine Unterscheidung zwischen Hand- und Automatenfütterung ist bei beiden Futtergruppen nicht zu möglich.

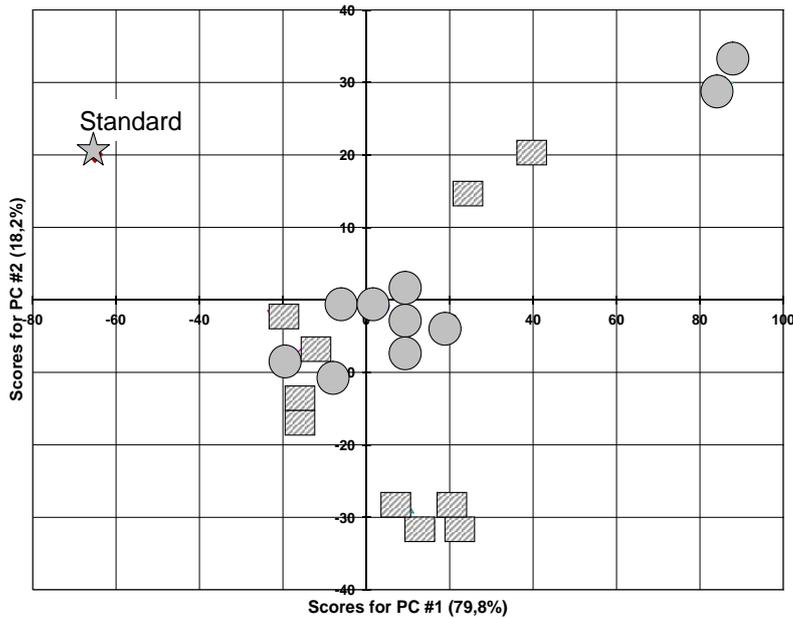


Abb. 26: Untersuchung von Bachforellenfilets mit der elektronischen Nase: Ergebnisse für die Fütterungsgruppen D-Konv (A) und D-Konv (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte, □ = Handfütterung (H) / ○ = Automatenfütterung (A)

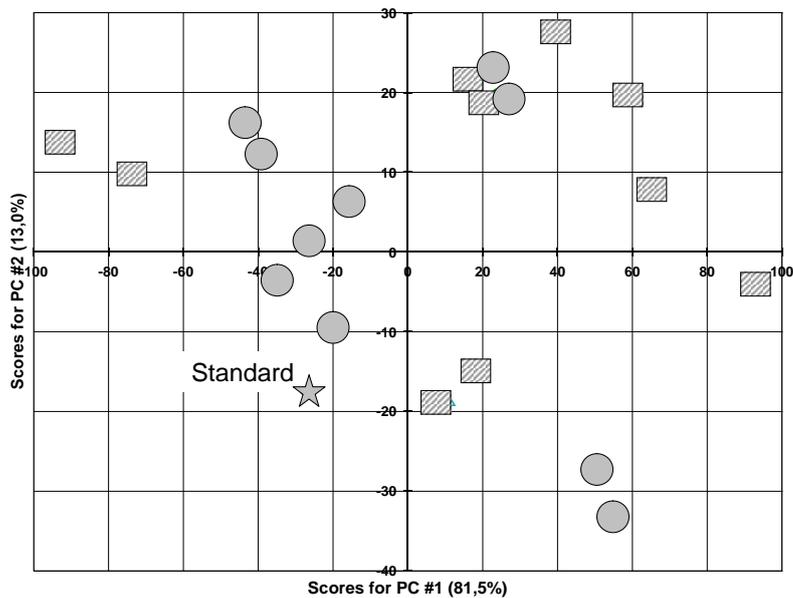


Abb. 27: Untersuchung von Bachforellenfilets mit der elektronischen Nase: Ergebnisse für die Fütterungsgruppen B-Bio (A) und B-Bio (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte, □ = Handfütterung (H) / ○ = Automatenfütterung (A)

Die Abbildungen 28 (Handfütterung) und 29 (Automatenfütterung) für alle vier Futterarten lassen erkennen, dass die Sensoren der für dieses Projekt eingesetzten elektronischen Nase keine auswertbaren Unterschiede zwischen den verschiedenen Fischgruppen hinsichtlich ihres Aromaprofils feststellen können, d. h. eine Mustererkennung ist nicht möglich.

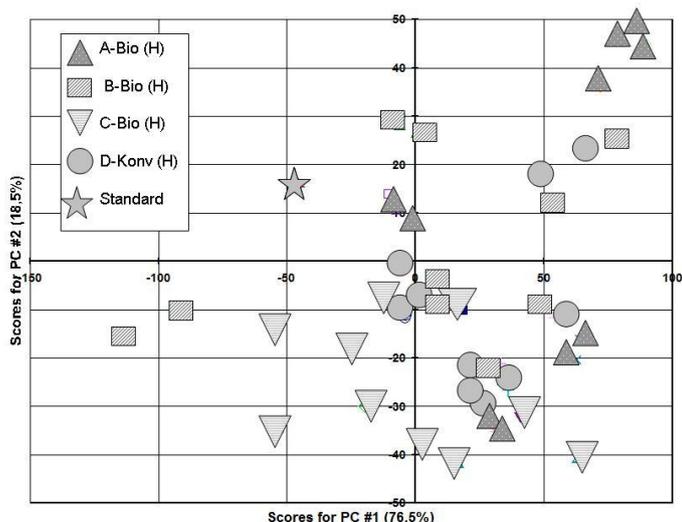


Abb. 28: Untersuchung von Bachforellen mit der sensorischen Nase: Ergebnisse für die vier Fütterungsgruppen „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

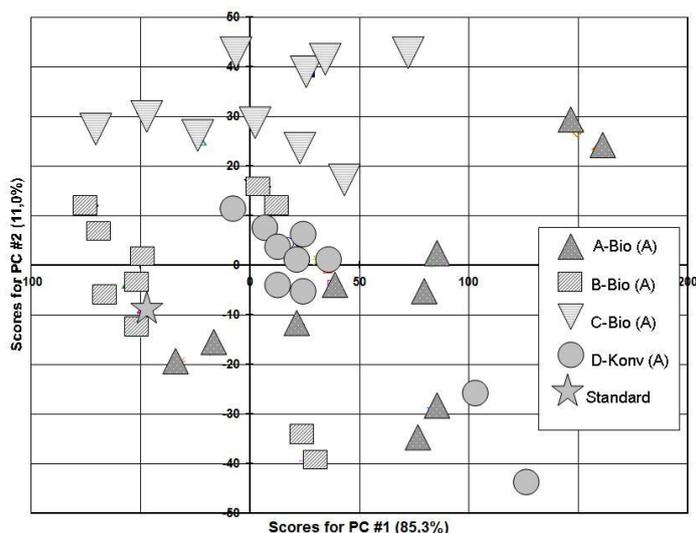


Abb. 29: Untersuchung von Bachforellen mit der sensorischen Nase: Ergebnisse für die vier Fütterungsgruppen „Automatenfütterung“ (A), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

6.3.3.9 Sensorische Bewertung der gegarten Forellenfilets

In Abbildung 30 sind die Attribute dargestellt, die zur Bewertung zur Verfügung standen. Die Merkmale breiig, modrig und stechend spielten bei der Bewertung keine Rolle und wurden deshalb nicht in die Graphiken einbezogen.

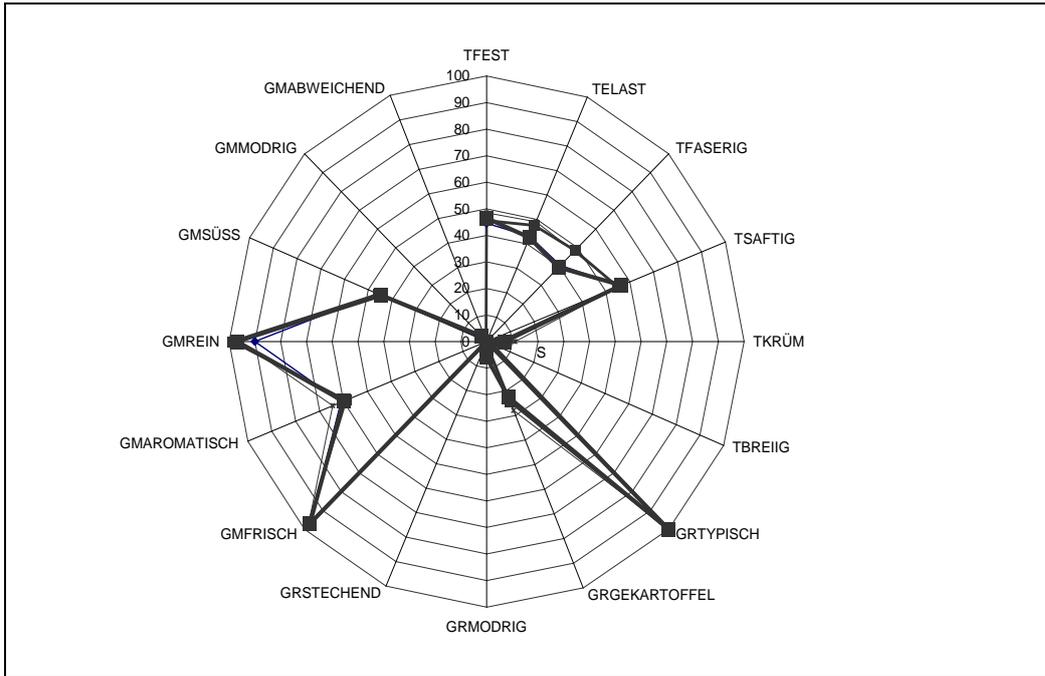


Abb.30: Spinnen-Netz-Diagramm mit den Attributen für die sensorische Beurteilung der gegarten Bachforellenfilets. Die Intensität nimmt mit dem Abstand vom Zentrum zu. Attributsbezeichnungen: T: Textur, GR: Geruch, GM: Geschmack

Die sensorische Beurteilung der Bachforellen ergab ein ähnliches Ergebnis. Negative Abweichungen im Geschmack wie modrig, metallisch oder bitter wurden zwar genannt, waren aber in der Ausprägung als minimal einzustufen. Lediglich Forellen, die mit dem Futter A-Bio gefüttert waren, wurden insgesamt etwas schlechter beurteilt. Ihr Geruch und Geschmack war weniger intensiv und die Textur war weicher (Abb. 31-33).

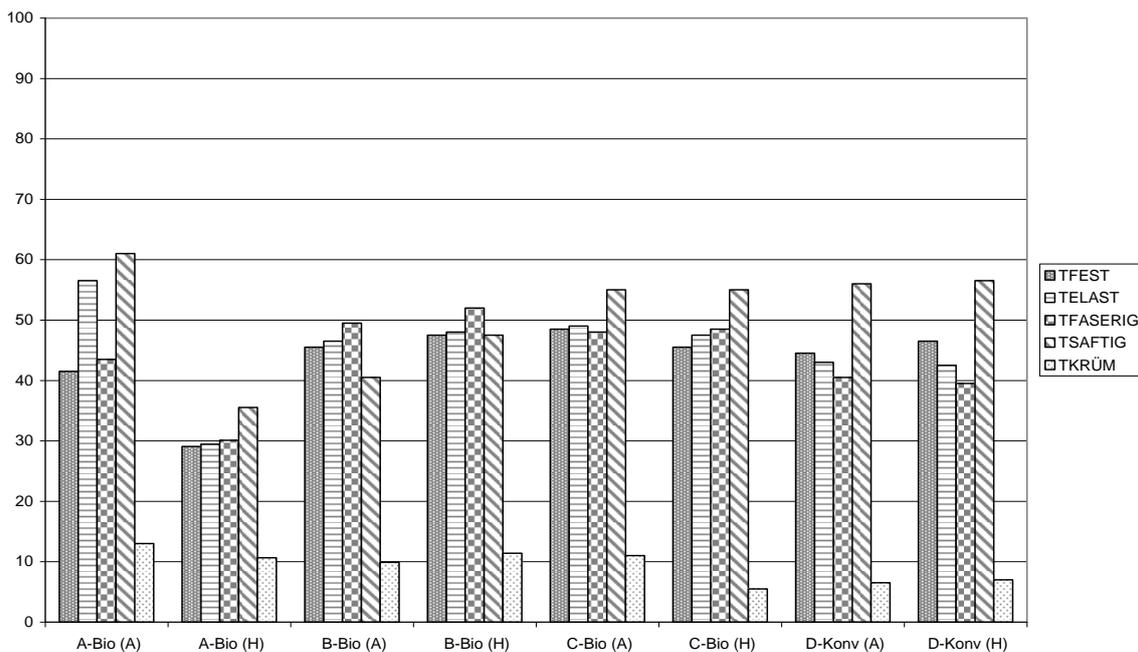


Abb. 31: Sensorische Bewertung der Textur (T) der Bachforellenfilets. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

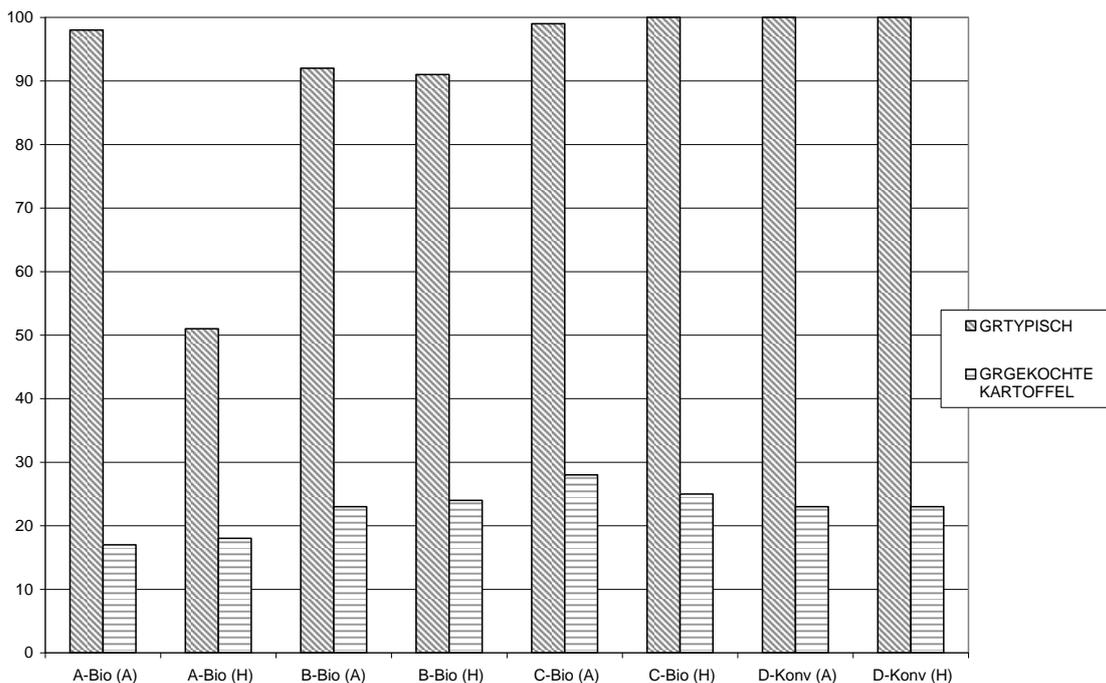


Abb. 32: Sensorische Bewertung des Geruchs (GR) der Bachforellenfilets. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

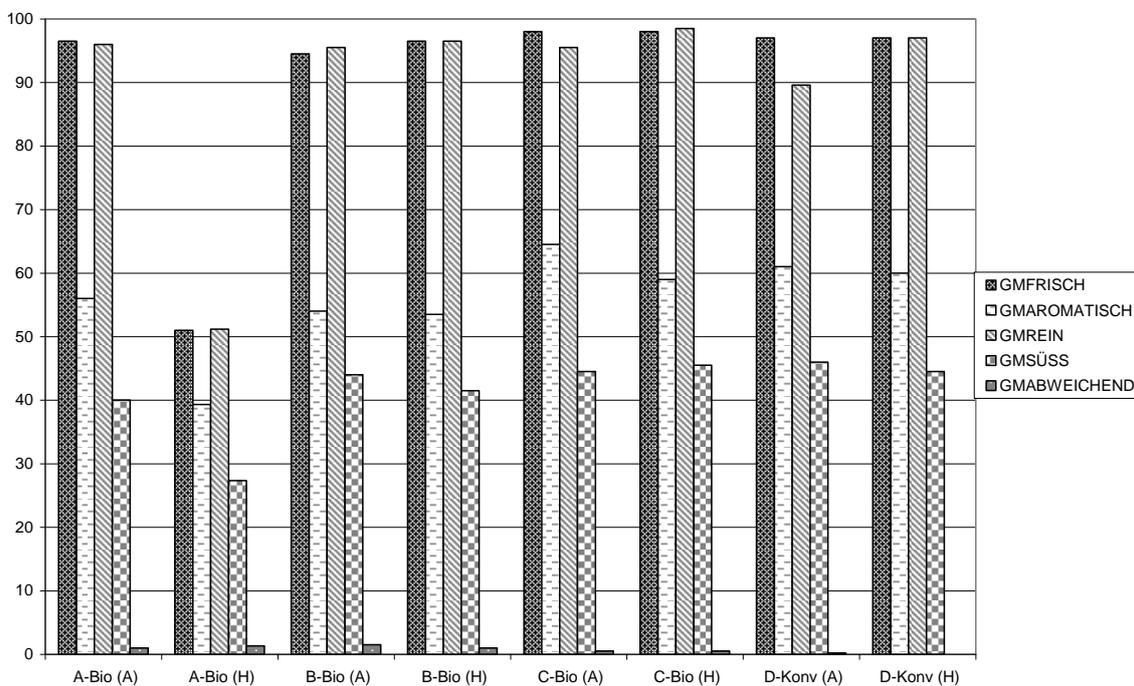


Abb. 33: Sensorische Bewertung des Geschmacks (GM) der Bachforellenfilets. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

6.3.3.10 Sensorische Bewertung der geräucherten Bachforellenfilets

In Abbildung 34 sind die Ergebnisse als Gesamtübersicht (Summe der Antworten = 100 %) zusammengefasst.

Die Frage 1 nach dem besseren Geschmack ergab für alle Gruppen eine Bevorzugung der Automatenfütterung. Besonders eindeutig war das Ergebnis für Gruppe C-Bio. Nur in Gruppe A-Bio gab es keine Vorliebe für eine der beiden Fütterungsmethoden.

Ähnlich verhält es sich mit den Antworten auf Frage 2 (Textur), auch hier lagen die Vorlieben bei der Automatenfütterung mit besonderer Deutlichkeit bei Gruppe C-Bio.

Frage 3, mit der die Bevorzugung ohne bestimmte Attributsvorgaben erfragt wurde, bestätigte die deutliche Präferenz für C-Bio und die für B-Bio. Bei A-Bio wurde wie bei Frage 2 die Handfütterung leicht bevorzugt.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen des geschulten Panels, so kann man keine Übereinstimmungen feststellen. Hier wurden alle Gruppen außer Gruppe A-Bio bei den abgefragten Attributen als vergleichbar beurteilt. Auch dem Panel wurde zusätzlich die Frage gestellt. „Wie lautet Ihre persönliche Beurteilung, welche Probe bevorzugen Sie?“ Hier lautete die Antwort mehrheitlich „keine Bevorzugung“. Zu bemerken ist in diesem Zusammenhang, dass ungeschulte Prüfer dazu neigen, bei einem Vergleich davon auszugehen, dass Unterschiede zwischen den Proben bestehen und diese auch unbedingt herausfinden wollen.

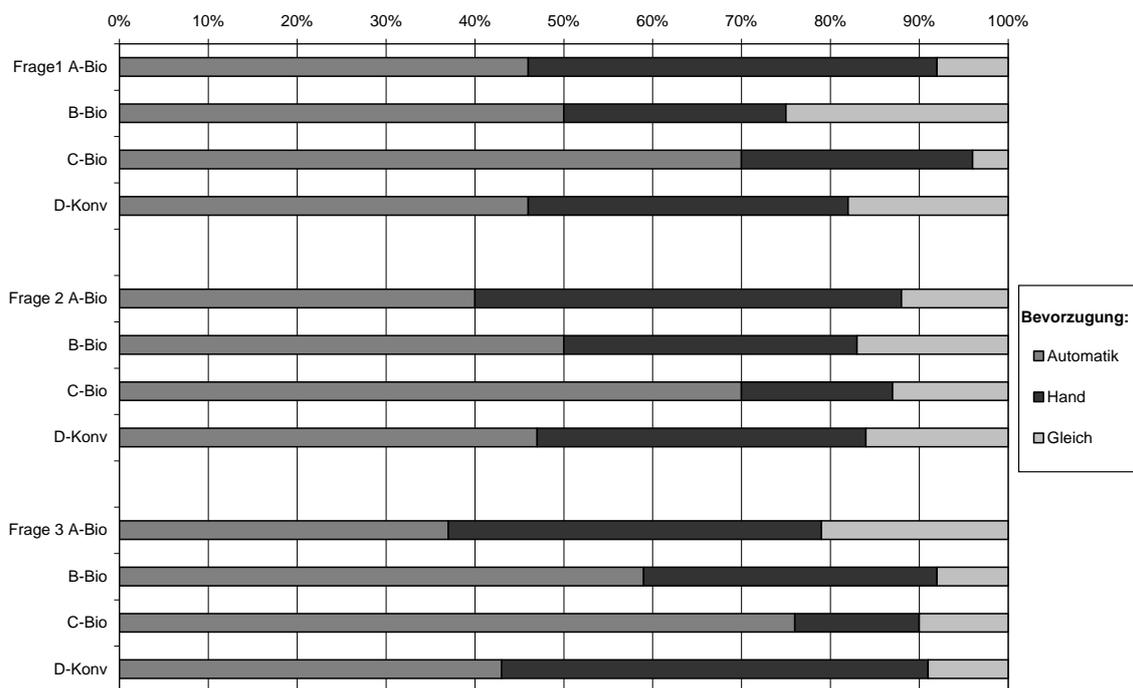


Abb. 34: Beliebtheitsprüfung mit geräucherten Bachforellenfilets (Fragen: Material und Methoden)

6.4 Seesaiblinge

6.4.1 Futtermittel

In Tabelle 15 ist die Zusammensetzung der für die Aufzucht der Seesaiblinge verwendeten Futter aufgeführt. Zusätzlich erlauben die Daten Vergleiche mit den Futtermitteln, die bei der Aufzucht der Bachforellen eingesetzt wurden und mit den Firmenangaben. Letztere beziehen sich auf die im Bioforellenversuch eingesetzten Futtermittel. Neuere Information standen nicht zur Verfügung. Die drei Biofuttermittel wurden für beide Versuchsreihen unter identischem Namen bezogen, waren allerdings unterschiedliche Chargen, während das konventionelle Futter unter einem neuen Namen vertrieben wurde. Vergleicht man die Grundzusammensetzung der Futtermittel, so zeigten sich im Rohfettgehalt keine großen Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Chargen der Biofutter bzw. des konventionellen Futters. Biofutter A und das konventionelle Futter waren auch in ihrer übrigen Zusammensetzung nahezu identisch, während die beiden anderen Biofutter Schwankungen im Rohprotein- und Mineralstoffgehalt aufwiesen.

Tab. 15: Vergleich der Zusammensetzung der in Phase III eingesetzten Futtermittel beider Fischarten

Futtermittel	Fischart	Größe mm	Analysen- datum	TS %	Roh- fett %	Roh- protein %	Roh- asche %	Phosphor %
A-Bio	SS	4,5	Feb 2011	93,7	22,9	42,2	11,5	1,7
			Feb 2010	93,7	23,1	43,7	10,2	1,4
			Firmenangabe		25	40	11	1,6
B-Bio	SS	4,0	Feb 2011	92,5	18,1	46,1	10,7	1,5
			Feb 2010	92,9	17,6	38,3	12,3	1,5
			Firmenangabe		14	40	12,5	1,9
C-Bio	SS	4,5	Feb 2011	92,4	23,8	44,3	11,3	1,8
			Feb 2010	95,4	24,9	47,4	8,5	1,3
			Firmenangabe		23	48	8,5	1,2
D-Konv	BF	4,5	Feb 2011	91,5	24,4	42,3	5,9	1,0
			Feb 2010	95,5	22,7	42,5	5,7	0,9
			Firmenangabe		22	42	6	1,1

SS=Seesaibling; BF=Bachforelle

6.4.2 Aufzucht

6.4.2.1 Wasserqualität

Bei der Aufzucht der Seesaiblinge befanden sich alle Wasserparameter in einem für Salmoniden optimalen bis akzeptablen physiologischen Bereich (Tabelle 16). Die Wassertemperatur lag in allen Teichen einheitlich bei etwa 9,7° C, der pH-Wert bei 7,4. Leitfähigkeit (777 µS/cm), Säurebindungsvermögen (SBV, 6 mval/l), CO₂ (28-29 mg/l), TOC (3,94-4,24 mg C/l), Gesamthärte (> 20° dH) und Karbonathärte (16-17° dH) waren nahezu identisch. Auch die Sauerstoffgehalte schwankten zwischen den Teichen nur gering (Ø 6,38 bis 6,51 mg/l). Allerdings wurde die geforderte Sauerstoffsättigung von 70 % im Mittel geringfügig unterschritten. Im Wasser gelöste Stickstoffverbindungen (Nitrit, Nitrat, Ammonium) waren nur in geringer Menge nachweisbar. Eine Ammoniumbelastung wurde nicht festgestellt. Signifikant unterscheidbare Wasserqualitäten der Teiche ergaben sich ansonsten nur bei den Gehalten von Natrium und Phosphat.

Tab. 16: Wasserqualitätsparameter während der Aufzucht der Seesaiblinge

	A			B			C			D		
	MW	STABW	Sig									
Temperatur (°C)	9,7	0,48	a	9,8	0,40	a	9,8	0,37	a	9,8	0,40	a
pH Wert (-lg(H ⁺))	7,4	0,09	a									
Leitfähigkeit (µS/cm)	777	7,72	a	778	7,67	a	778	5,92	a	777	6,87	a
SBV (mval/l)	6,0	0,80	a	5,9	0,82	a	5,9	0,72	a	6,0	0,79	a
freies CO ₂ (mg/l)	28,9	6,54	a	28,6	7,39	a	28,3	7,57	a	28,7	7,24	a
O ₂ (mg/l)	6,5	0,96	a	6,5	0,99	a	6,4	0,92	a	6,5	0,92	a
O ₂ (%)	62,5	8,15	a	63,3	9,33	a	61,8	9,24	a	62,8	8,54	a
TOC (mg C/l)	3,9	1,44	a	4,1	1,41	a	4,0	1,45	a	4,24	2,33	a
Ammonium (mg/l)	0,2	0,08	a	0,2	0,11	a	0,2	0,10	a	0,3	0,20	a
Ammoniak (mg/l)	0,00	0,00	a									
Nitrit (mg/l)	0,1	0,10	a	0,1	0,04	a	0,1	0,05	a	0,1	0,11	a
Phosphat (mg/l)	0,1	0,07	ab	0,2	0,27	b	0,1	0,10	ab	0,1	0,06	a
Bromid (mg/l)	0,3	0,63	a	0,5	0,88	a	0,3	0,64	a	0,3	0,52	a
Chlorid (mg/l)	44,8	5,17	a	44,0	5,73	a	44,7	4,48	a	44,8	4,19	a
Sulfat (mg/l)	10,8	2,87	a	10,6	2,83	a	10,8	2,45	a	10,8	2,88	a
Nitrat (mg/l)	20,0	1,99	a	19,4	2,43	a	19,9	1,88	a	20,5	1,93	a
Kalium (mg/l)	0,3	0,61	a	0,3	0,59	a	0,4	0,69	a	0,4	0,65	a
Natrium (mg/l)	25,1	5,23	b	24,2	5,72	c	26,4	5,46	a	25,9	5,16	ab
Calcium (mg/l)	101,7	6,09	a	100,8	6,74	a	101,0	7,66	a	100,8	6,94	a
Magnesium (mg/l)	26,6	4,62	a	26,6	4,73	a	25,9	4,55	a	26,9	4,98	a
Gesamt Härte (°dH)	20,3	1,47	a	20,2	1,61	a	20,3	1,66	a	20,3	1,66	a
Carbonat Härte (°dH)	16,7	2,24	a	16,4	2,28	a	16,6	2,01	a	16,7	2,22	a
BSB ₅ (mg O ₂ /l)	3,7	2,00	a	3,9	1,93	a	2,9	1,34	a	3,2	0,76	a

MW: Mittelwert, STABW: Standardabweichung, Sig: Signifikanz (p < 0,05)

6.4.2.2 Verluste

Die Verluste während der gesamten Aufzuchtphase sind in Abbildung 29 dargestellt. Die Seesaiblinge mussten vom 29.3.2010 bis zum 8.4.2010 mit Antibiotika (Aciphen®, Amoxicillin Trihydrat) gefüttert, um Furunkulose (Erreger: *Aeromonas salmonicida*) zu behandeln. Die Dosierung betrug 10 g des Breitbandantibiotikas auf 1 kg Futter. Aufgrund des akuten Krankheitsgeschehens wurden bei der Aufzucht der Seesaiblinge höhere Verluste verzeichnet (Abb. 30). Bei der Gruppe B-Bio wurden die meisten Ausfälle beobachtet.

Bei der Aufzucht der Seesaiblinge wurde zur Vermeidung von Verlusten ein Elektrozaun zur Reiherabwehr installiert. Mithilfe des Zaunes und der Vogelschutznetze war eine gute Prädatorenabwehr gewährleistet (Fey und Reiter 2010a, 2010b).

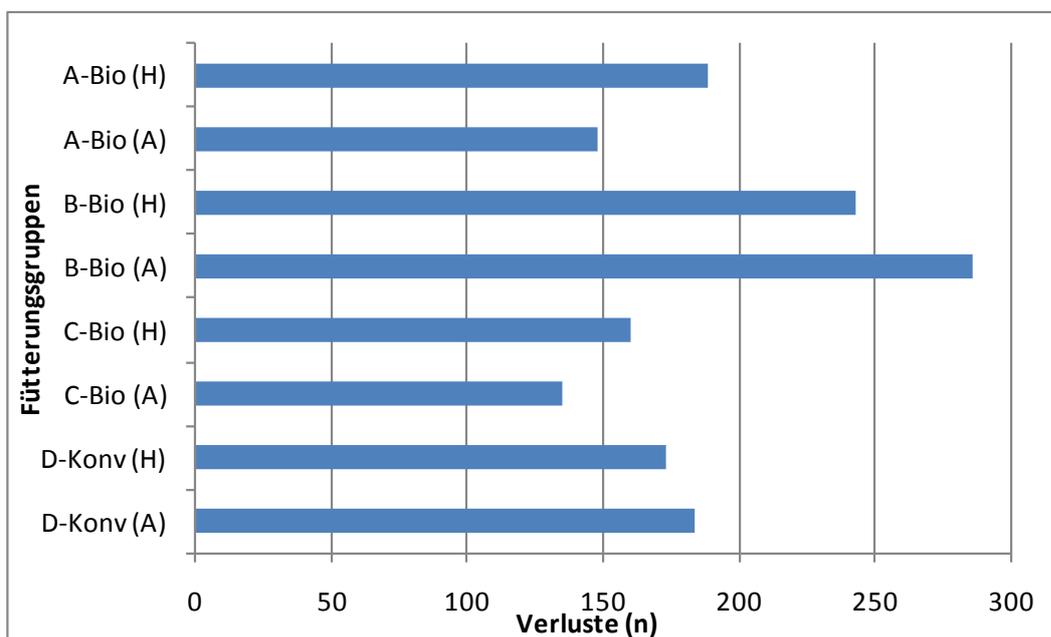


Abb. 29: Gesamtverluste (n) während der Aufzucht der Seesaiblinge



Abb. 30: Verendete Seesaiblinge mit Krankheitsmerkmalen der Furunkulose (Erreger: *Aeromonas salmonicida*)

6.4.2.3 Wachstumsleistung der Gruppen

Die Abbildungen 31 zeigt die Entwicklung der mittleren Stückgewichte während der Aufzucht der Seesaiblinge. Zwischen den Phasen ist der durch die Sortierung entstandene Gewichtssprung ersichtlich. Die Aufzucht begann bei allen Gruppen mit einer durchschnittlichen Stückmasse von 32,0 g. Gruppe A-Bio (H) erreichte am Ende der ersten Aufzuchtphase (I) mittlere Stückgewichte von 60,0 g, mit Abschluss der Phase II 174,6 g und zum Ende der Untersuchung 240,9 g. Die Fische der Gruppe B-Bio (H) erreichten in der Phase I eine mittlere Stückmasse von 41,5 g, in Phase II steigerten sie ihre mittleren Stückgewichte auf 149,2 g. Mit dem Abschluss der Aufzuchtphase erreichte die Gruppe B-Bio (H) Durchschnittsgewichte von 217,7 g. Gruppe C-Bio (H) wiesen am Ende der Phase I mittlere Stückgewichte von 64,0 g und der Phase II 177,4 g auf. In der dritten Aufzuchtphase (III) erreichten die Seesaiblinge der Gruppe C-Bio (H) ein durchschnittliches Endgewicht von 288,8 g. Die mit konventionellen Futtermitteln aufgezogenen Seesaiblinge (Gruppe D-Konv (H)) steigerten in der Phase I ihre mittleren Stückgewichte auf 55,0 g und in Phase II auf 148,4 g. Zum Abschluss der Untersuchung verfügte die Gruppe D-Konv (H) mit 263,8 g über die zweithöchsten Endgewichte.

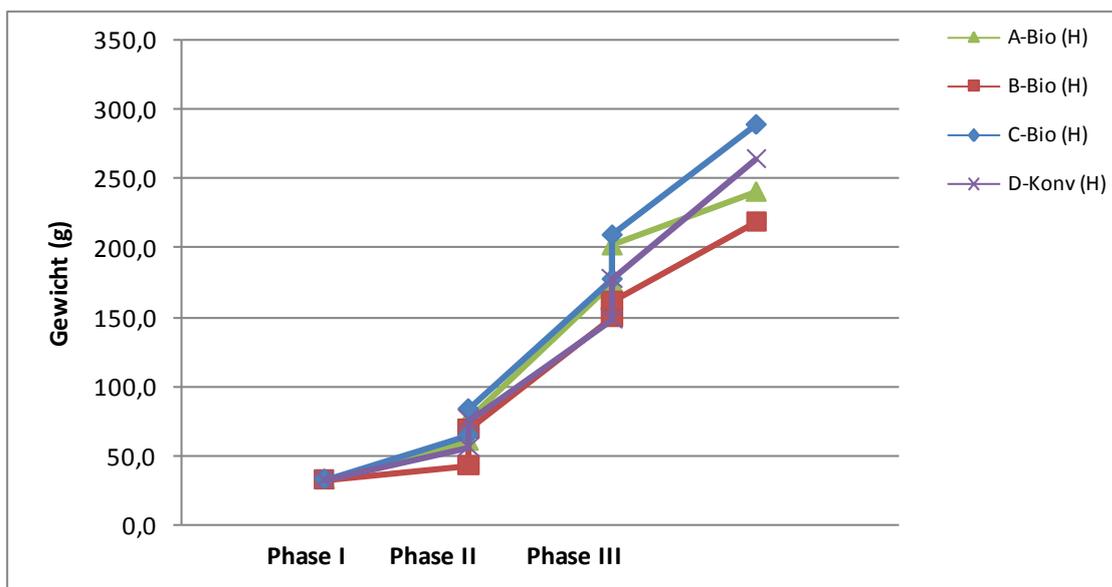


Abb. 31: Entwicklung der Stückmassen der Seesaiblinge bei Handfütterung im Versuchsverlauf

Abbildung 32 stellt den Verlauf der Entwicklung der mittleren Stückgewichte der vier Gruppen bei Automatenfütterung dar. Deutlich sichtbar sind die durch die Sortierung entstandenen Gewichtssprünge der Durchschnittsgewichte an den Wägeterminen. Äquivalent zur Handfütterung begann die Aufzucht ab einer durchschnittlichen Stückmasse von 32,0 g. Gruppe A-Bio (A) steigerte in Phase I das mittlere Stückgewicht auf 61,0 g und in Phase II auf 165,0 g. Am Ende der Aufzucht erreichte die Gruppe A-Bio (A) im Mittel Endgewichte von 241,0 g. Gruppe B-Bio (A) konnte in der ersten Phase (I) durchschnittlich 12,5 g zulegen und kam somit nur auf mittlere 44,5 g. In Phase II wuchsen die Seesaiblinge auf ein durchschnittliches Stückgewicht von 148,3 g ab und erreichten am Versuchsende mittlere 220,2 g. Die höchste Wachstumsleistung der automatengefütterten Seesaiblinge erreichte die Gruppe C-Bio (A) mit 74,0 g (Phase I), 182,9 g (Phase II) und

mit 280,0 g zum Abschluss der Untersuchung. Die konventionelle Gruppe D-Konv (A) verfügte am Ende der ersten Aufzuchtphase (I) über mittlere Stückgewichte von 65,5 g, 143,1 g (Phase II) und 245,9 g (Phase III).

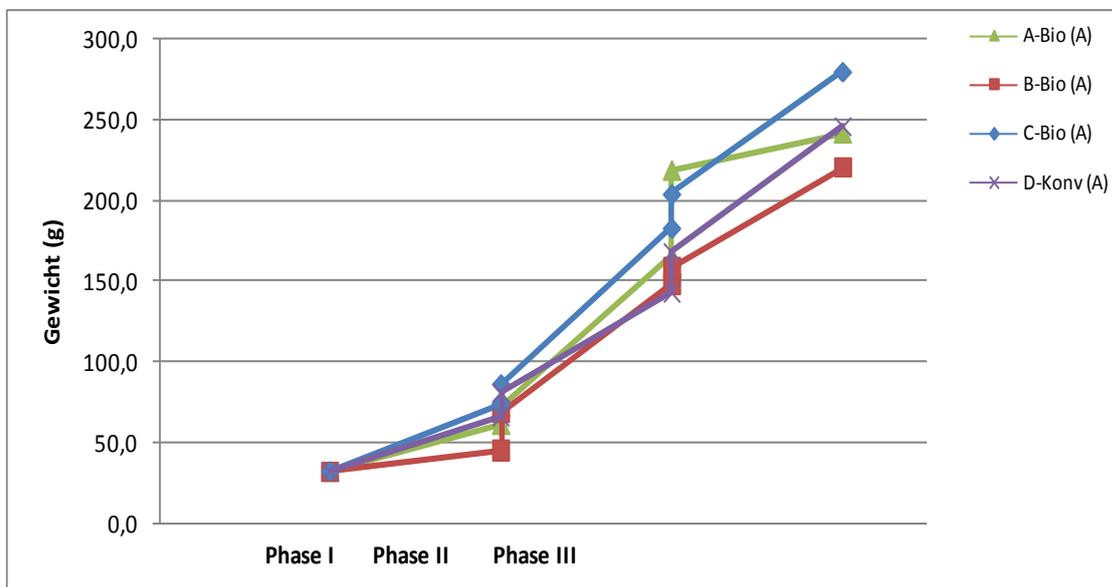


Abb. 32: Entwicklung der Stückmassen der Seesaiblinge bei Automatenfütterung im Versuchsverlauf

Die Entwicklungen der spezifischen Wachstumsraten (SGR) aller Gruppen werden in Abbildung 33 und 34 dargestellt. Alle Gruppen folgen einem einheitlichen Muster. In der ersten Phase wurden nur geringe Wachstumsraten erreicht, während sich die Wachstumsleistung in der mittleren Aufzuchtphase nahezu verdoppelt. Allerdings fällt die Leistung in der letzten Phase wieder auf das Niveau der Phase I ab. Nach Fütterungsarten aufgeteilt ergibt sich für Gruppe A-Bio (H) im ersten Abschnitt der Aufzucht (Phase I) eine SGR von 0,47, die in Phase II auf 0,90 ansteigt und in Phase III auf 0,21 %/d abfällt (Abb. 33). Bei Gruppe B-Bio (H) beträgt die SGR in Phase I nur 0,19 %/d, sie steigt aber in Phase II auf 0,85 %/d, um in der letzten Aufzuchtphase (III) auf 0,35 %/d abzufallen. Die SGR der Gruppe C-Bio (H) steigt nach 0,52 %/d in Phase I auf 0,83 %/d in Phase II an, fällt dann aber wieder auf 0,38 %/d ab. Die Wachstumsleistung der Gruppe D-Konv (H) steigert sich von 0,40 %/d in Phase I auf 0,74 %/d in Phase II. Im dritten Aufzuchtabschnitt (Phase III) sinkt der Wert fast wieder auf das anfängliche Niveau ab (0,47 %/d). Insgesamt ergeben sich über den gesamten Versuchsverlauf spezifische Wachstumsraten von 0,65 %/d (Gruppe A-Bio (H)), 0,62 %/d (Gruppe B-Bio (H)), 0,71 %/d (Gruppe C-Bio (H)) und 0,68 %/d (Gruppe D-Konv (H)).

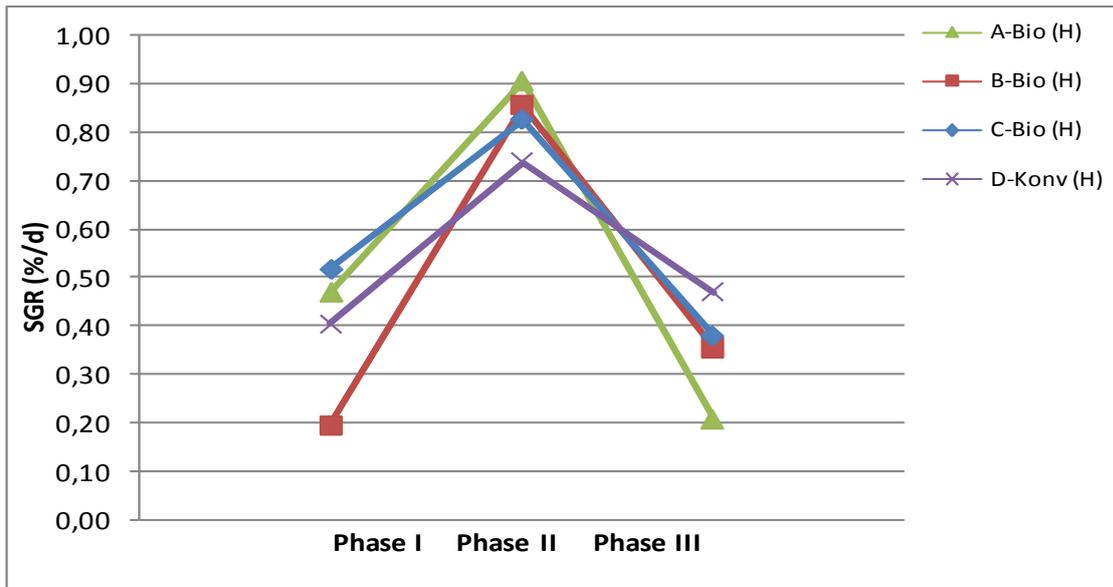


Abb. 33: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Handfütterung der Seesaiblinge

Die spezifischen Wachstumsraten (SGR) der automatengefütterten Gruppen werden in Abbildung 34 dargestellt. Gruppe A-Bio (A) steigerte die SGR von 0,48 in Phase I auf 0,90 in Phase II, bevor sie in Phase III auf 0,12 %/d abfällt. Gruppe B-Bio (A) wies SGRs von 0,25 %/d (Phase I), 0,83 (Phase II) und 0,39 %/d (Phase III) auf. Für Gruppe C-Bio (A) errechnete sich in Phase I eine SGR von 0,63 %/d, die sich in Phase II auf 0,82 %/d steigerte, aber in Phase III auf 0,37 absank. Die ausgeglichene Wachstumsrate wurde für die Gruppe D-Konv (A) errechnet. In der ersten Phase (I) erreichte sie 0,53 %/d, stieg in der Phase II auf 0,62 %/d und verringerte sich in Phase III nur leicht auf einen Wert von 0,45 %/d. Insgesamt ergeben sich für die Gruppe SGRs von 0,65 %/d (A-Bio (A)), 0,62 %/d (B-Bio (A)), 0,70 %/d (C-Bio (A)) und 0,66 %/d (D-Konv (A)).

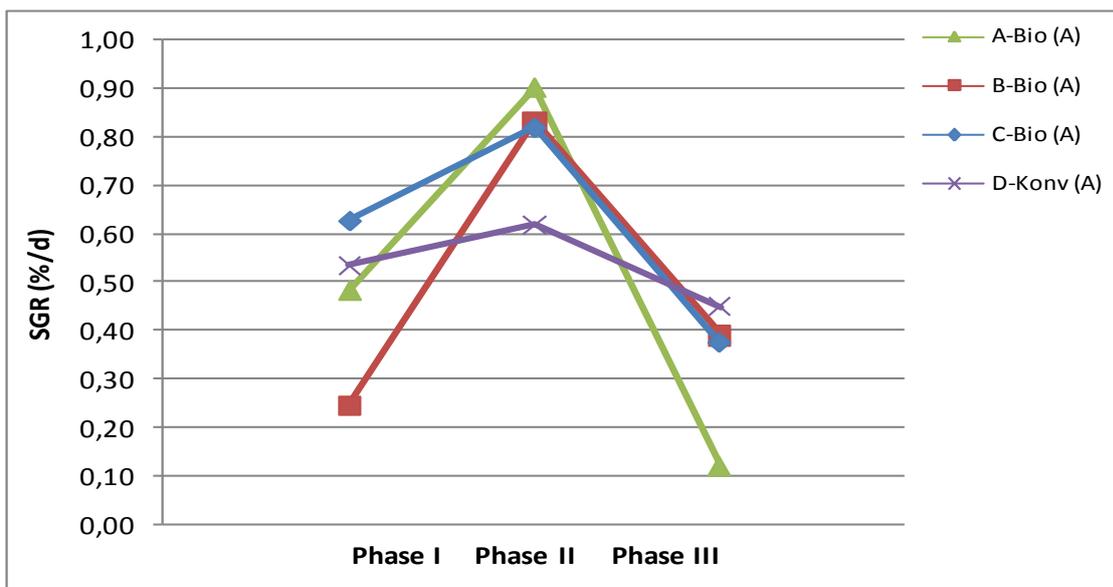


Abb. 34: Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten (SGR) (%/d) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Seesaiblinge

6.4.2.4 Individuelle Wachstumsleistung

Die Erfassung der individuellen Wachstumsleistungen erfolgte am Versuchsende anhand von 45 Individuen je Fütterungsgruppe (Abb. 35). Innerhalb der Gruppe A-Bio wurden durchschnittliche Endgewichte von $298,3 \pm 38,46$ g bei Handfütterung (H) und $305,0 \pm 36,65$ g bei der Automatenfütterung (A) erreicht. Gruppe B-Bio verfügte am Ende der Aufzucht über mittlere Einzelgewichte von $301,1 \pm 36,54$ g (H) und $326,0 \pm 40,73$ g (A). Für die dritte Biofuttermittel-Gruppe, Gruppe C-Bio, errechneten sich durchschnittliche Stückmassen von $342,8 \pm 37,47$ g (H) und $335,0 \pm 39,54$ g (A). Die konventionell ernährte Gruppe D-Konv wies mittlere Stückgewichte von $346,1 \pm 32,28$ g (H) und $323,9 \pm 38,59$ g (A) auf.

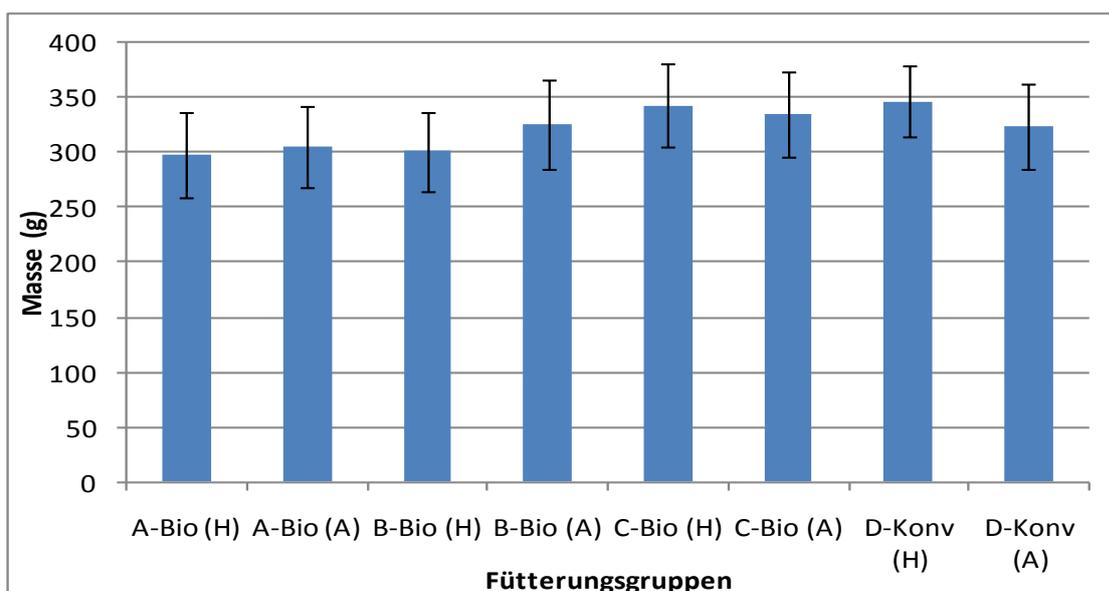


Abb. 35: Mittlere Stückgewichte der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)

Für die Gruppe A-Bio (H) errechnete sich eine durchschnittliche Totallänge von $29,8 \pm 1,44$ cm (Abb. 36). Bei der Fütterung mit Automaten ergab sich für dieselbe Gruppe eine mittlere Länge von $29,9 \pm 1,22$ cm (Gruppe A-Bio (A)). $30,0 \pm 1,29$ cm betrug die mittlere Totallänge der einzeln vermessenen Seesaiblinge der Fütterungsgruppe B-Bio (H), während die Vermessung der automatengefütterten Gruppe B-Bio (H) im Mittel eine Totallänge von $30,8 \pm 1,26$ cm erbrachte. Gruppe C-Bio (H) wies eine mittlere Totallänge von $31,2 \pm 1,57$ cm auf, während die Fütterung mit Automaten einen Durchschnittswert von $30,9 \pm 1,69$ cm ergab (Gruppe C-Bio (A)). Die mittleren Totallängen der Gruppe D-Konv betragen bei Handfütterung (D-Konv (H)) $31,5 \pm 1,08$ cm und bei Automatenfütterung $30,7 \pm 1,24$ cm (Gruppe D-Konv (A)).

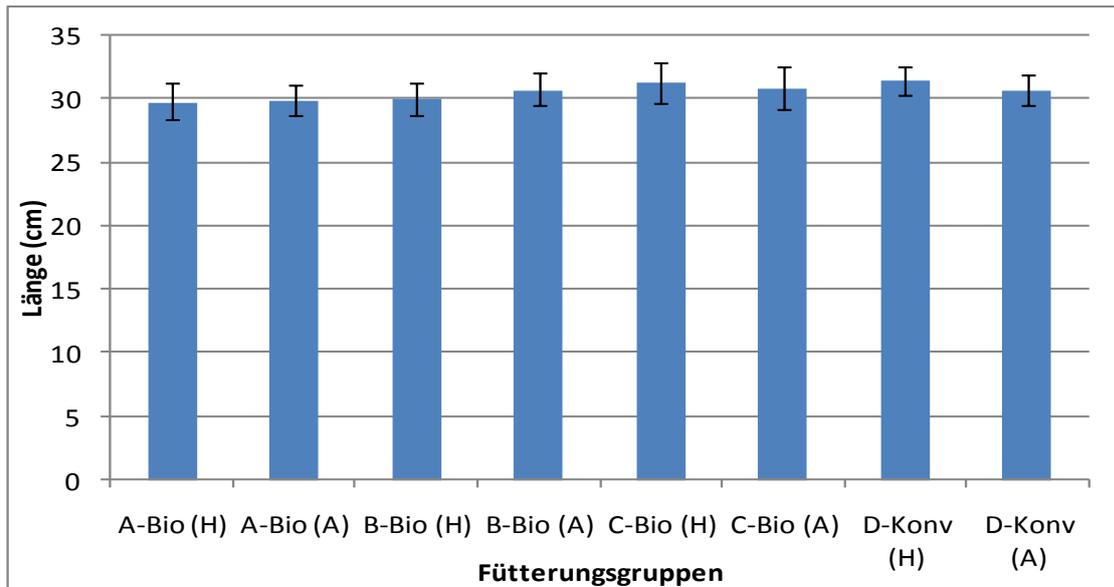


Abb. 36: Mittlere Totallängen der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)

Die Berechnung der Korpulenz der Seesaiblinge (Abb. 37) ergab nahezu identische Korpulenzfaktoren. Für Gruppe A-Bio zeigen sich mittlere Werte von $1,13 \pm 0,10$ (H) und $1,14 \pm 0,11$ (A), während für die Seesaiblinge der Gruppe B-Bio durchschnittliche Korpulenzen von $1,12 \pm 0,10$ (H) und $1,12 \pm 0,11$ (A) nachgewiesen wurden. Die Korpulenzfaktoren der Gruppe C-Bio belaufen sich auf $1,13 \pm 0,11$ (H) und $1,14 \pm 0,11$ (A). Die handgefütterte Gruppe D-Konv (H) verfügte im Mittel über eine Korpulenz von $1,11 \pm 0,08$, während die automatengefütterte Fütterungsgruppe D-Konv (A) einen durchschnittlichen Korpulenzfaktor von $1,11 \pm 0,07$ aufwies.

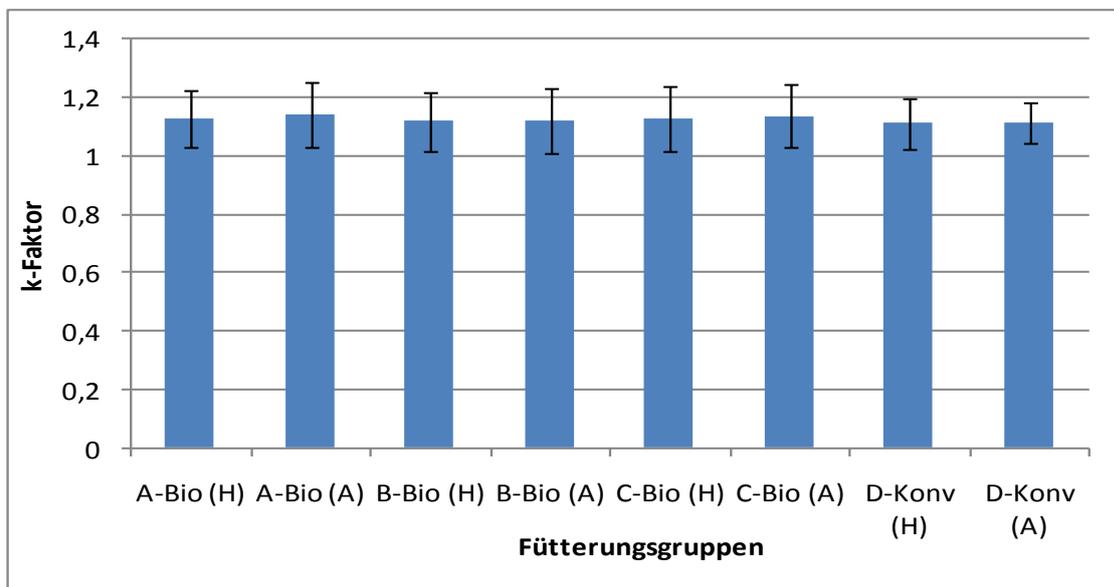


Abb. 37: Mittlere Korpulenzfaktoren (k-Faktor) der Gruppen am Ende der Seesaiblingsaufzucht (n=45)

6.4.2.5 Futtermittelverwertung

Abbildung 38 zeigt die Entwicklung der Futterquotienten der Gruppen bei Handfütterung im Verlauf des Versuches. Für Gruppe A-Bio (H) errechnen sich Futterquotienten (FQ) von 2,0 (Phase I), 1,84 (Phase II) und 7,61 (Phase III). Die Ermittlung der Futterverwertung ergab für Gruppe B-Bio (H) einen FQ von 7,86 in Phase I, von 2,49 in Phase II und von 3,62 in der letzten Aufzuchtphase (III). Eine weitaus bessere Futterverwertung wurde für die Gruppe C-Bio (H) ermittelt: Für die drei Aufzuchtphasen wurden FQs von 1,74 (I), 2,19 (II) und 3,91 (III) errechnet. Die Berechnung der Futterverwertung der konventionellen Gruppe D-Konv (H) erbrachte FQs von 2,99 (Phase I), 1,92 (Phase II) und 2,58 (Phase III). Über die gesamte Aufzuchtperiode ergaben sich für die Gruppen A-Bio (H) und D-Konv (H) FQs von 2,4, für Gruppe B-Bio (H) von 3,6 und für Gruppe C-Bio (H) von 2,2.

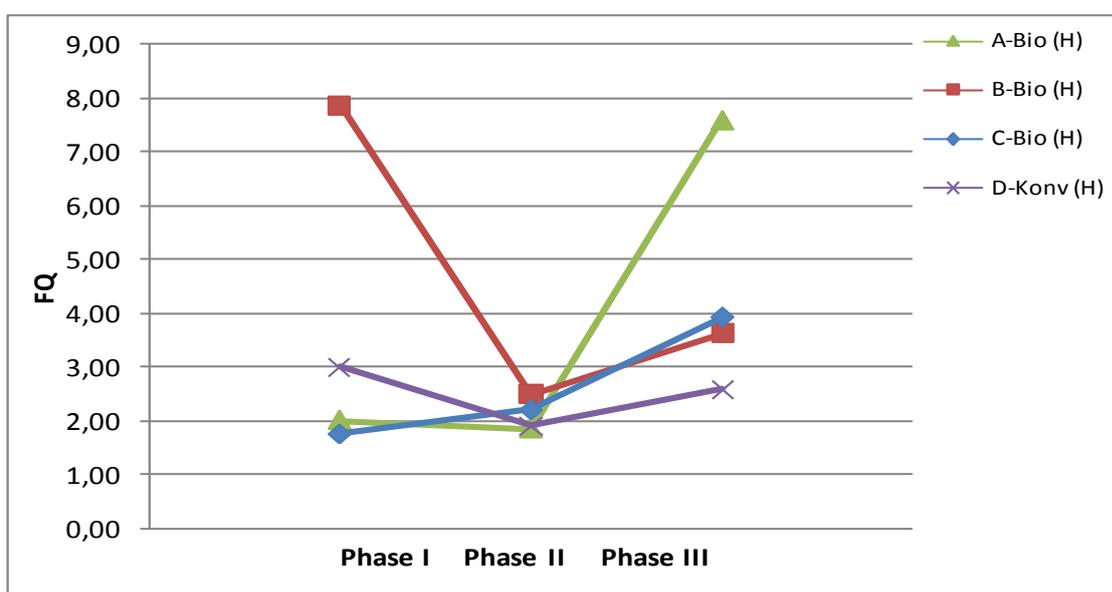


Abb. 38: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Handfütterung der Seesaiblinge

Abbildung 39 stellt die Entwicklung der Futterquotienten der Gruppen bei Automatenfütterung im Verlauf des Versuches dar. Die Berechnung der Futterverwertung ergab für Gruppe A-Bio (A) FQs von 2,05 (Phase I), 1,91 (Phase II) und 10,24 (Phase III). Für Gruppe B-Bio (A) wurde in Phase I ein FQ von 5,37, in Phase II von 2,64 und in Phase III von 3,52 errechnet. Bessere Werte wurden für Gruppe C-Bio (A) ermittelt: In Phase I betrug der FQ 1,52, im weiteren Versuchsverlauf stieg er auf 2,06 (Phase II) und 3,79 (Phase III) an. Gruppe D-Konv (A) verfügte über FQs von 1,71 (Phase I), 3,43 (Phase II) und 2,90 (Phase III). Über die gesamte Aufzuchtperiode beliefen sich die FQs auf 2,6 (Gruppe A-Bio (A)), 3,4 (Gruppe B-Bio (A)), 2,0 (Gruppe C-Bio (A)) und 2,5 (Gruppe D-Konv (A)).

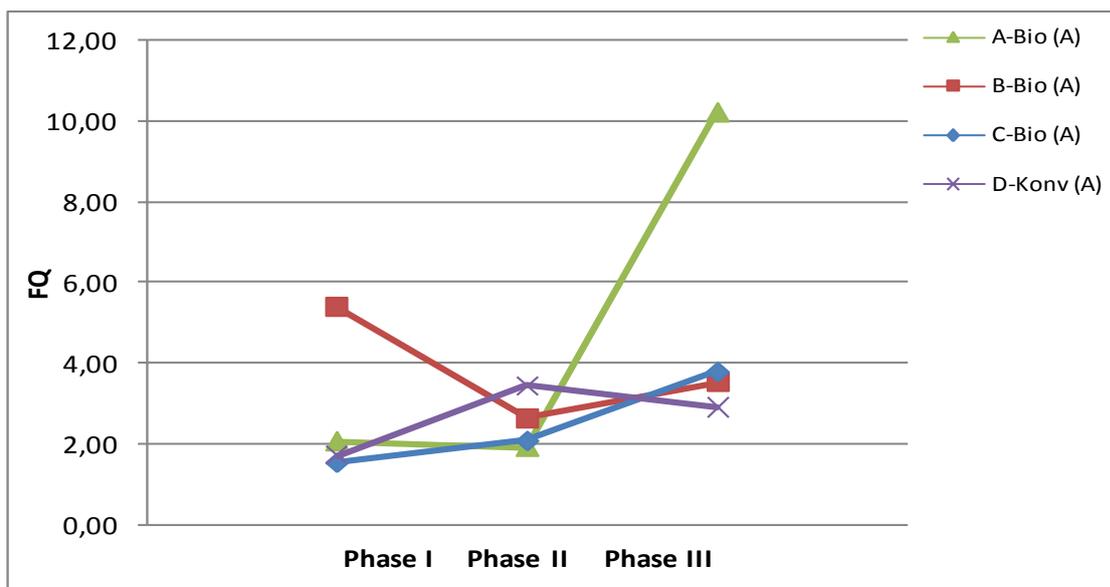


Abb. 39: Entwicklung der Futterquotienten (FQ) der Gruppen bei der Automatenfütterung der Seesaiblinge

6.4.2.6 Kostenvergleich der ökologischen mit der konventionelle Aufzucht

In Abbildung 40 werden die Futterkosten pro Kilogramm Zuwachs der einzelnen Aufzuchtphasen der verschiedenen Fütterungsgruppen dargestellt. Für Gruppe A-Bio (H) errechnen sich Futterkosten von 4,41 (Phase I) und 4,25 €/kg Zuwachs (Phase II). In der letzten Aufzuchtphase stiegen die Futterkosten für ein Kilogramm Zuwachs auf 17,24 €/kg Zuwachs an. Insgesamt ergaben sich für die Gruppe A-Bio (H) Futterkosten von 7,33 €/kg Zuwachs. Einen ähnlichen Verlauf wies auch die Gruppe A-Bio (A) auf. Nach 4,52 €/kg Zuwachs in Phase I, sanken die Futterkosten in Phase II auf 4,41 €/kg Zuwachs ab, steigerten sich aber unverhältnismäßig in der letzten Phase (III) auf 23,20 €/kg Zuwachs. Für die gesamte Aufzuchtdauer beliefen sich bei Gruppe A-Bio (A) die Futterkosten auf 7,41 €/kg Zuwachs. Dagegen waren bei Gruppe B-Bio die Futterkosten/kg Zuwachs in der ersten Phase (I) mit 15,93, bzw. 10,87 €/kg Zuwachs bei Hand- und Automatenfütterung am höchsten. In Phase II sanken sie auf 4,94 (H) bzw. 5,25 €/kg Zuwachs (A) ab. Für Phase III wurden für die Gruppe B-Bio Futterkosten von 7,67 (H) und 7,47 €/kg Zuwachs (A) errechnet. Die Berechnung der Futterkosten ergab für Gruppe B-Bio Beträge von 6,70 (H) und 6,60 €/kg Zuwachs (A). Weitaus geringer variierende Futterkosten wurden für Gruppe C-Bio ermittelt: Bei der handgefütterten Fütterungsgruppe (Gruppe C-Bio (H)) beliefen sich die Futterkosten für ein Kilogramm Zuwachs auf 2,98 (Phase I), 3,79 (Phase II) und 6,77 €/kg Zuwachs (Phase III). Bei der Automatenfütterung ergaben sich Futterkosten von 2,60 (Phase I), 3,57 (Phase II) und 6,56 €/kg Zuwachs (Gruppe C-Bio (A)). Insgesamt beliefen sich die Futterkosten bei Gruppe C-Bio für die gesamte Aufzuchtperiode auf 4,44 € (A) und 4,82 € (H). Im Gegensatz zu den drei vorgenannten Bio-Gruppen wies die konventionell gefütterte Gruppe D-Konv verhältnismäßig einheitliche Futterkosten auf. Allein bei diesen beiden Fütterungsgruppen lagen die Futterkosten in allen drei Phasen deutlich unter 5 €. Die handgefütterten Seesaiblinge (Gruppe D-Konv (H)) hatten in Phase I Futterkosten von 3,74 €/kg Zuwachs, in Phase II reduzierten sich die Futterkosten auf 2,25 €/kg Zuwachs, um in Phase III wieder auf 3,04 €/kg Zuwachs anzusteigen. Für Gruppe D-Konv (A) ergaben sich in den verschiedenen Phasen

Beträge von 2,14 (I), 4,04 (II) und 3,41 €/kg Zuwachs (III). Über die gesamte Aufzucht-dauer betragen die Futterkosten 2,81 (H) und 3,31 €/kg Zuwachs (A).

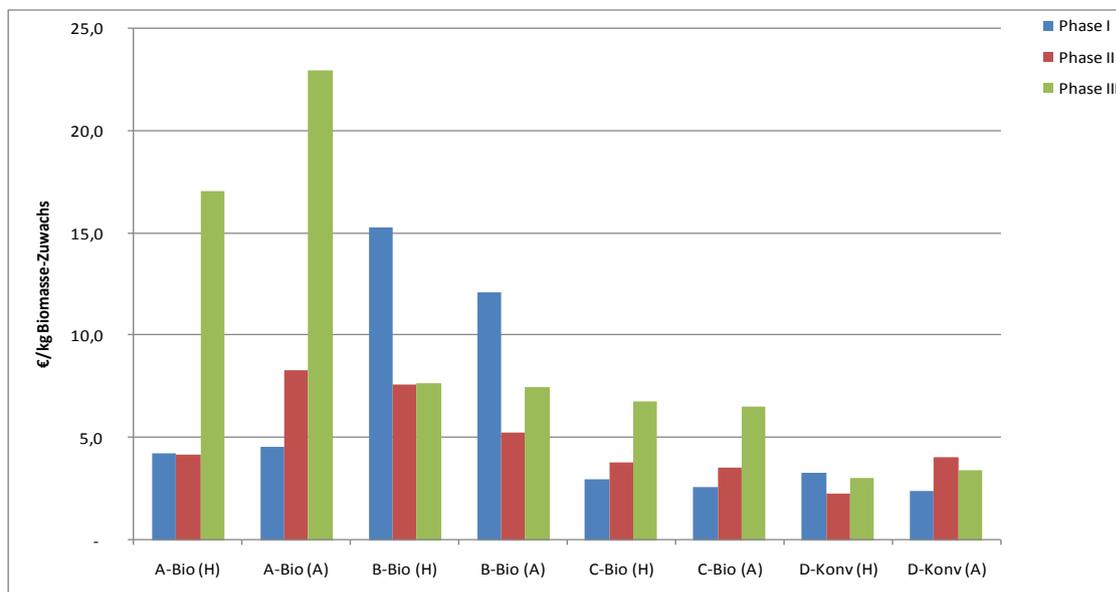


Abb. 40: Futterkostenvergleich in €/kg Zuwachs der Seesaiblinge in den drei Aufzuchtphasen

Beim Vergleich von ökologischen gegenüber konventionellen Futtermitteln lässt sich bei den Seesaiblingen erkennen, dass das konventionelle Futtermittel, bedingt durch niedrigere Futterpreise und stabileren Zuwachs, eine wesentlich kostengünstigere Aufzucht gegenüber ökologisch gefütterten Fischen ermöglicht (3,10 €/kg vs. 6,22 €/kg) (Tab. 17).

Tab. 17: Futterkosten bei der Aufzucht von Seesaiblingen (in €/kg Zuwachs)

Futtermittel	Fütterungsart	Futterkosten (€/kg)	Futterkosten (€/kg Zuwachs)		
A-Bio	Hand	2,26	7,33	7,37	6,22
A-Bio	Automat		7,41		
B-Bio	Hand	2,04	6,70	6,65	
B-Bio	Automat		6,60		
C-Bio	Hand	1,73	4,82	4,63	
C-Bio	Automat		4,44		
D-Konv	Hand	1,20	2,81	3,1	3,10
D-Konv	Automat		3,39		

6.4.3 Produktqualitätsuntersuchung

6.4.3.1 Geschlechtsreife

Bei der Geschlechtsreife zeigten sich nur sehr geringe Unterschiede zwischen den vier Gruppen. Auch wurde die Gonadenentwicklung nicht von der Art der Fütterung beeinflusst. Insgesamt erreichten 83 % aller Seesaiblinge bis zum Ende der Aufzucht die Geschlechtsreife. Dabei betrug der Anteil an männlichen geschlechtsreifen Fischen über 94 % und der Anteil an weiblichen geschlechtsreifen Fischen 88 %.

6.4.3.2 Schlachtkörperuntersuchungen

Abbildung 41 zeigt die durchschnittlichen prozentualen Anteile von Schlachtkörper, Innereien und Gonaden am Gesamtgewicht der Seesaiblinge. Der Anteil des Schlachtkörpers wurde durch die unterschiedlichen Futtermittel nicht beeinflusst und lag bei etwa 86 % (84–87 %). Auch Innereien- und Gonadengewichte waren unabhängig von den verwendeten Futtermitteln. Der Innereienanteil war bei allen Gruppen nahezu identisch und betrug 7 %. Die Gonaden waren schon sehr weit entwickelt, was in einem hohen Anteil von ca. 8 % vom Gesamtgewicht resultierte (6-9 %). Die Gruppen A-Bio, B-Bio und C-Bio zeigten ein etwas geringeres gonadosomatisches Wachstum bei der Handfütterung, was eine leicht erhöhte Schlachtkörperausbeute zur Folge hatte. Dagegen waren die Schlachtkörperanteile bei der konventionellen Fütterung unabhängig von der Art der Verabreichung (Gruppe D-Konv).

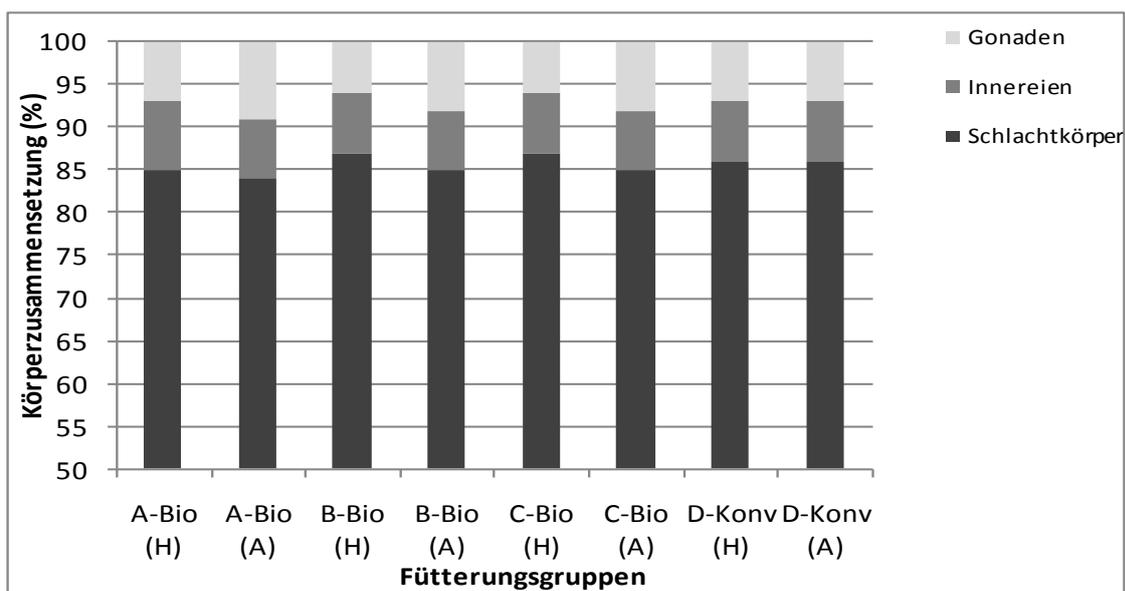


Abb. 41: Prozentuale Gewichtsanteile der Schlachtkörper, Innereien und Gonaden in den Analyse-Seesaiblingen zur Qualitätsuntersuchung

Tabelle 18 zeigt die durchschnittliche Körperzusammensetzung von jeweils 10 Seesaiblingen pro Fütterungsgruppe. Die mittleren Lebendgewichte der Fütterungsgruppen variierten zwischen 248,0 und 316,2 g. Auch innerhalb der Fütterungsgruppen unterlagen die Stückgewichte starken Schwankungen. Bei allen Chargen wurden individuelle Gewichtsschwankungen von über 100 g ermittelt. Bei der Gruppe D-Konv (H) betrug die Gewichtspanne sogar über 150 g. Der prozentuale Anteil der Filets mit Haut bewegte sich im Mittel zwischen 53 und 56 %, während die Filets nach der manuellen Enthäutung noch prozentuale Anteile von 40,6 bis 45,5 % am Schlachtgewicht aufwiesen.

Tab. 18: Mittlere Lebendgewichte, Schlachtkörperausbeute und Filetgewichte der Seesaiblingsgruppen bei Handzerlegung

Probe	Fütterungsart	n = 10	Schlachtgewicht (g)	Filet mit Haut (g)	Filet ohne Haut (g)	Filet ohne Haut* (%)	Anteil geschlechtsreifer Tiere (%)
A-Bio	Hand	Mittel	276,3	145,8	114,9	41,6	68,6
		min-max	214 - 319	115 - 169	92 - 137		
A-Bio	Automat	Mittel	248,0	132,8	106,5	42,9	91,4
		min-max	200 - 322	100 - 174	81 - 135		
B-Bio	Hand	Mittel	271,2	143,2	110,0	40,6	82,9
		min-max	213 - 352	107 - 192	87 - 155		
B-Bio	Automat	Mittel	285,3	154	119,6	41,9	85,7
		min-max	246 - 347	128 - 190	89 - 152		
C-Bio	Hand	Mittel	316,2	175,7	140,1	44,3	85,7
		min-max	266 - 400	137 - 239	112 - 189		
C-Bio	Automat	Mittel	313,1	176,1	142,4	45,5	67,4
		min-max	270 - 371	155 - 202	124 - 164		
D-Konv	Hand	Mittel	293,0	163,1	126,1	43,0	71,4
		min-max	211 - 363	109 - 223	85 - 181		
D-Konv	Automat	Mittel	298,6	160,7	123,9	41,5	85,7
		min-max	238 - 345	126 - 184	97 - 143		

* bezogen auf das Schlachtgewicht

6.4.3.3 Chemische Zusammensetzung des essbaren Anteils der Seesaiblinge (Filet)

Es wurde die chemische Zusammensetzung der enthäuteten Filets von jeweils 10 Einzelfischen pro Fütterungsgruppe analysiert, d.h. je Gruppe 10 x Handfütterung und 10 x Automatenfütterung (Tab. 19).

Die mittleren prozentualen Wasseranteile der Filets beliefen sich auf Werte zwischen 72,4 (Gruppe A-Bio (A)) und 74,4 % (Gruppe B-Bio (A)). Die geringsten Wasseranteile wurden bei der Gruppe A-Bio ermittelt (im Mittel: 72-73 %), während die Gruppen C-Bio und D-Konv über höhere Wassergehalte verfügten (im Mittel: 73-74 %). Die statistische Auswertung der Fettgehalte im Filet ergab einen teilweise signifikanten Einfluss der Futtermittel auf die chemische Zusammensetzung: Während zwischen den Gruppen A-Bio, C-Bio und D-Konv keine Unterschiede statistisch abgesichert werden konnten, ergab der Vergleich der Gruppen A-Bio und B-Bio einen signifikant höheren Fettanteil bei beiden Fütterungsgruppen der Gruppe A-Bio (H: 7,7 %; A: 8,1 %). Ein Einfluss der beiden Fütterungsarten auf den Fettanteil im Filet wurde nicht nachgewiesen. Der durchschnittliche Proteingehalt variierte zwischen den Fütterungsgruppen nur gering, es wurden im Mittel Anteile von 18,6 bis 19,7 % ermittelt. Mit 0,8 bis 1,0 % war auch bei allen Gruppen der Mineralstoffgehalt im Fischfilet nahezu gleich. Äquivalent zu den Fettanteilen in den Filets variierten auch die Bruttoenergiegehalte der Fütterungsgruppen, wobei eine Abhängigkeit von der Fütterungsart nicht nachgewiesen werden konnte. Im Durchschnitt verfügten die Filets der Gruppe A-Bio mit über 7,5 MJ/kg FM über die höchsten Bruttoenergiegehalte, die Filets der Gruppe B-Bio mit etwa 7 MJ/kg FM über die niedrigsten Gehalte. Bei allen Fütterungsgruppen wurden im Durchschnitt pH-Werte von 6,4 gemessen.

Tab. 19: Chemische Zusammensetzung, mittlerer Bruttoenergiegehalt und pH-Wert der Filets der Seesaiblinge

Probe	n = 10	Wasser %	Fett*) %	Protein %	Mineralstoff %	Bruttoenergiegehalt MJ/kg FM	pH-Wert
A-Bio (H)	Mittelwert	72,7	7,7 ^a	18,6	1,0	7,51	6,4
	min.-max.	70,3 - 75,9	5,4 - 9,3	17,7 - 19,5	0,9 - 1,1		
A-Bio (A)	Mittelwert	72,4	8,1 ^a	19,0	0,9	7,76	6,4
	min.-max.	71,5 - 74,2	6,7 - 9,0	18,0 - 19,9	0,8 - 1,2		
B-Bio (H)	Mittelwert	73,9	6,0 ^b	19,6	0,9	7,07	6,4
	min.-max.	71,6 - 75,9	4,3 - 8,0	18,6 - 20,4	0,7 - 1,0		
B-Bio (A)	Mittelwert	74,4	5,8 ^b	19,0	0,9	6,85	6,4
	min.-max.	70,9 - 77,1	3,9 - 8,9	18,0 - 20,8	0,7 - 1,0		
C-Bio (H)	Mittelwert	73,3	6,6 ^{ab}	19,3	1,0	7,24	6,4
	min.-max.	71,4 - 74,9	5,5 - 9,0	18,1 - 20,5	0,8 - 1,2		
C-Bio (A)	Mittelwert	72,9	6,7 ^{ab}	19,7	0,9	7,37	6,4
	min.-max.	71,2 - 75,0	4,7 - 7,8	17,2 - 21,6	0,8 - 1,1		
D-Konv (H)	Mittelwert	74,0	6,8 ^{ab}	18,8	0,8	7,27	6,4
	min.-max.	71,2 - 77,9	3,9 - 8,9	17,4 - 20,6	0,6 - 1,0		
D-Konv (A)	Mittelwert	73,4	6,6 ^{ab}	19,1	0,9	7,19	6,4
	min.-max.	71,9 - 75,9	4,9 - 7,9	18,3 - 20,2	0,7 - 1,1		

* Fettgehalte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich (t-test, $p < 0,05$)

Abbildung 42 stellt die Bandbreite der prozentualen Fettanteile im Filet der Seesaiblinge dar. Höchste Fettanteile wurden für die Gruppe A-Bio ermittelt, die geringsten bei Gruppe B-Bio. Ein Zusammenhang zwischen Fütterungsart und Bandbreite ist nicht ersichtlich. Mit Ausnahme der Gruppe C-Bio führte die Automatenfütterung zu einer breiteren Streuung der Werte.

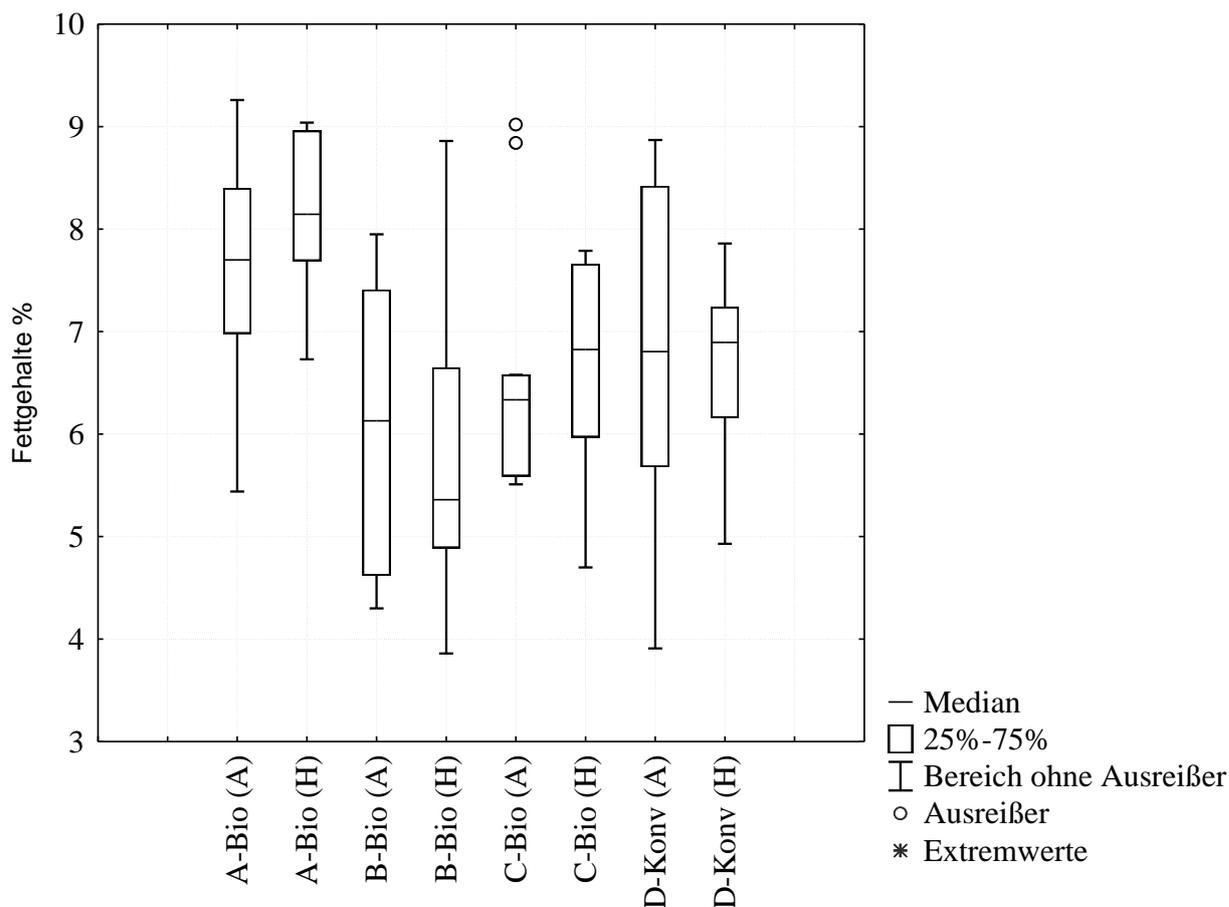


Abb. 42: Bandbreite der gemessenen Fettgehalte im Muskelfleisch von Seesaiblingen

6.4.3.4 Chemische Zusammensetzung und Bruttoenergiegehalt der Seesaiblinge (Ganzkörper)

Für die Ganzkörperanalyse der Seesaiblinge wurden von jeder Fütterungsgruppe nach Möglichkeit 10 Individuen herangezogen. Ausnahmen davon waren die Fütterungsgruppen A-Bio (A) mit 9 Exemplaren und die beiden Fütterungsgruppen B-Bio (H) und B-Bio (A) mit jeweils 5 Individuen. Aufgrund der geringen Individuengröße erfolgte die Ermittlung der Ausgangsqualität durch eine Mischprobe aus mehreren Exemplaren.

Während die Seesaiblinge zu Beginn der Untersuchung über einen Wasseranteil von über 75 % und einen Fettanteil von 6,2 % verfügten, verdoppelte sich bis zum Ende der Aufzucht der Fettanteil der Fische (Tab. 20). Demzufolge sank der Wasseranteil in allen Gruppen auf Werte zwischen 67 und 70 % ab. Dagegen unterschieden sich die Gruppen bei Protein- und Mineralstoffanteil nur sehr gering. Die geringsten Fettgehalte und demnach höchsten Wasseranteile wurden für die Gruppe B-Bio ermittelt, gefolgt von Gruppe C-Bio. Darauf basierend verfügten diese Gruppen über geringere Bruttoenergiegehalte. Tendenziell wurden die höchsten Fettgehalte bei den konventionell ernährten Seesaiblingen nachgewiesen. Systematische Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsarten konnten nicht gefunden werden.

Tab. 20: Chemische Zusammensetzung und Bruttoenergiegehalt der Seesaiblinge (Ganzkörper)

Probe	A (A) n=9; B (A. u. H.) n=5; A (A), C (H u. A), D (H u. A) n=10	Wasser %	Fett %	Protein %	Mineralstoff %	Gesamt Phosphor g/kg FM	Bruttoenergiegehalt MJ/kg FM
Ausgangsqualität	Mittelwert	75,4	6,2	17,5	2,6	4,6	6,65
A-Bio (H)	Mittelwert	67,3	13,3	18,0	1,9	4,3	9,60
	min.-max.	64,7-70,5	11,2-15,8	16,6-19,2	1,8-2,2	3,6-4,5	
A-Bio (A)	Mittelwert	68,5	12,4	17,9	2,2	4,3	9,21
	min.-max.	66,2-71,5	9,8-14,5	17,3-18,5	1,8-2,5	3,6-5,7	
B-Bio (H)	Mittelwert	69,4	11,6	18,6	2,1	4,1	9,06
	min.-max.	68,3-70,9	9,9-12,8	17,6-19,0	1,8-2,3	3,9-4,6	
B-Bio (A)	Mittelwert	68,4	11,5	18,9	2,5	4,3	9,09
	min.-max.	66,6-70,9	9,6-14,6	18,2-19,7	2,3-2,8	3,6-4,9	
C-Bio (H)	Mittelwert	68,1	11,8	18,8	2,5	3,9	9,19
	min.-max.	65,0-70,9	9,4-14,9	17,8-19,6	2,0-4,3	3,1-4,3	
C-Bio (A)	Mittelwert	68,0	11,8	18,4	1,9	3,9	9,09
	min.-max.	66,1-70,3	10,7-14,4	17,2-19,4	1,6-2,3	2,8-5,0	
D-Konv (H)	Mittelwert	67,3	13,1	18,3	1,9	4,1	9,59
	min.-max.	66,1-69,6	10,2-15,2	17,5-18,8	1,6-2,3	3,1-5,3	
D-Konv (A)	Mittelwert	67,9	12,7	18,2	1,9	3,7	9,40
	min.-max.	65,8-70,4	11,0-14,1	17,3-18,6	1,7-2,2	3,0-4,5	

6.4.3.5 Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Ganzkörper und Filet

Für den Vergleich von Ganzkörper- zu Filetzusammensetzung wurden die Fütterungsvarianten (A und H) zusammengefasst. Die Filets wiesen durchschnittlich um etwa 5 % höhere Wasseranteile auf (Tab. 21). Der Vergleich zeigt, dass zwischen 50 und 61 % des gesamten Fettanteils im Muskelfleisch gespeichert wurden, während der Rest hauptsächlich auf die Innereien und Gonaden entfiel. Die höchste Anreicherung im Muskel wurde mit dem Futtermittel A-Bio erreicht, während die Fütterung mit dem Futtermittel B-Bio eher zu einer Erhöhung des Fettgehaltes der Innereien führte. Verglichen mit dem gesamten Fisch verfügten die Filets über etwas höhere Proteinanteile. Demgegenüber beinhalteten die Filets weniger als 50 % der Mineralstoffe.

Tab. 21: Durchschnittliche Zusammensetzungen von Ganzkörper und Filets der vier Seesaiblings-Gruppen

Gruppe	Produkt	n	Wasser %	Fett %	Protein %	Mineralstoff %
A-Bio	Ganzkörper	19	67,9	12,9	17,9	2,0
A-Bio	Filet	20	72,5	7,9	18,8	0,9
B-Bio	Ganzkörper	10	68,9	11,6	18,7	2,3
B-Bio	Filet	20	74,2	5,9	19,3	0,9
C-Bio	Ganzkörper	20	68,1	11,8	18,6	2,2
C-Bio	Filet	20	73,1	6,6	19,5	1,0
D-Konv	Ganzkörper	20	67,6	12,9	18,2	1,9
D-Konv	Filet	20	73,7	6,7	19,0	0,9

6.4.3.6 Freie Aminosäuren

Der Gehalt an freien Aminosäuren in Fischen ist im Allgemeinen gering. Er liegt nach Literaturangaben zwischen 0,5 und 2 % des Muskelgewichtes. Bei den Seesaiblings unterschieden sich prozentualen Anteile (Abb. 43) und die Gesamtgehalte an freien Aminosäuren der einzelnen Fütterungsgruppen nur relativ wenig (3,63 - 4,30 g/kg Fischfleisch; Tab. 22).

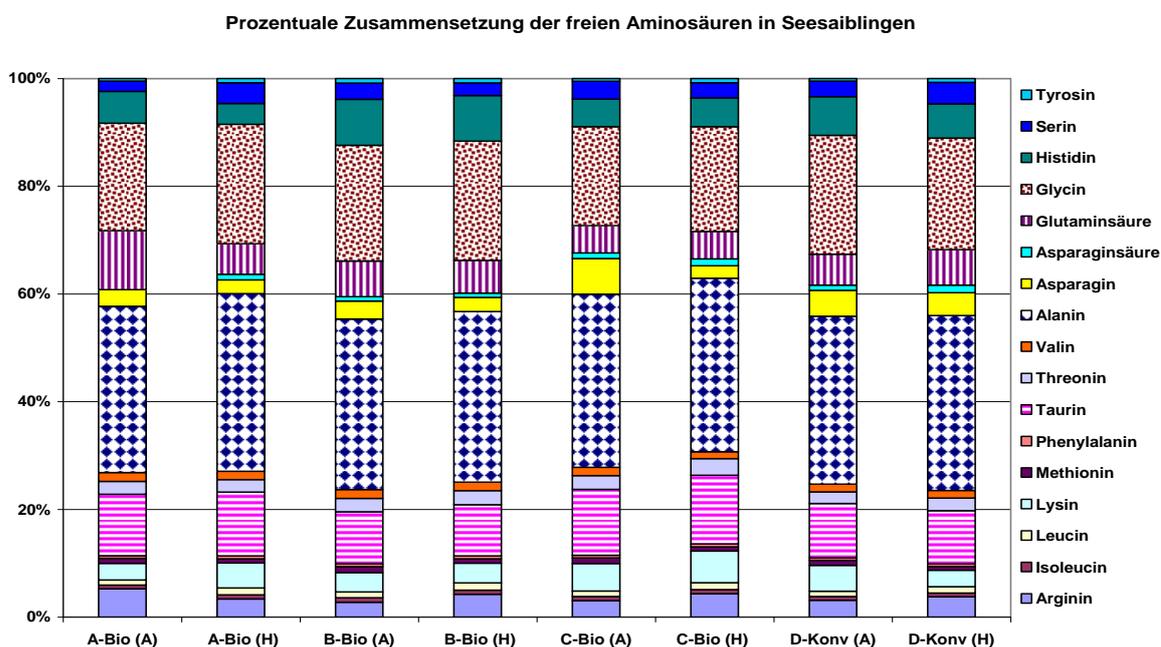


Abb. 43: Prozentualer Anteil der freien Aminosäuren in den Seesaiblingsfilets

Die Summe der essentiellen Aminosäuren liegt bei etwa 1 g/kg Fischfleisch (Tab. 22). Der Tauringehalt liegt zwischen 0,4 und 0,5 g/kg, wobei kein Unterschied zwischen den konventionell und ökologisch gefütterten Seesaiblings besteht.

Tab. 22: Vergleich von Eiweiß-Inhaltsstoffen im Muskelextrakt der Seesaiblinge

Probe	Fütterungsart	Protein %	Freie Aminosäuren g/kg FM	Σ essentielle Aminosäuren g/kg FM	Taurin g/kg FM
A-Bio	Hand	19,0	3,88	1,05	0,46
A-Bio	Automat	18,6	4,21	1,13	0,48
B-Bio	Hand	19,0	3,79	0,95	0,36
B-Bio	Automat	19,6	3,63	0,86	0,35
C-Bio	Hand	19,7	3,91	1,20	0,50
C-Bio	Automat	19,3	3,92	1,10	0,48
D-Bio	Hand	19,1	4,30	1,00	0,42
D-Bio	Automat	18,8	4,17	1,03	0,42

6.4.3.7 Fettsäurespektrum

Abbildung 44 zeigt das Fettsäuremuster der Fütterungsgruppen und Abbildung 45 die Zusammensetzung der dazugehörigen Futter (Phase III). Es wird deutlich, dass die Art der Futtermittelverabreichung die Fettsäuremuster der Filets nicht beeinflusste. Bei allen Gruppen betrug der Anteil an gesättigten und monoenen Fettsäuren etwa 65 %, wobei der Hauptteil auf die Ölsäure entfällt. Die mehrfach ungesättigte Linolsäure (n-6) ist in den Filets der Seesaiblinge mit einem 10-15 %igen Anteil vertreten. Dagegen waren die anderen Fettsäuren der n-6 Gruppe (Eicosadien- und Arachidonsäure) in allen Fütterungsgruppen nur in geringen Anteilen vorhanden. Die langkettigen mehrfach ungesättigten n-3 Fettsäuren machten in der Summe etwa 20 % aus. Der Hauptteil davon entfiel auf die Docosahexaensäure (DHA) mit 10-12 %, gefolgt von der Eicosapentaensäure (EPA) mit 5-8 %. Trotz der eingesetzten unterschiedlichen Futtermittel unterschieden sich die Fettsäuremuster der Seesaiblinge nur geringfügig.

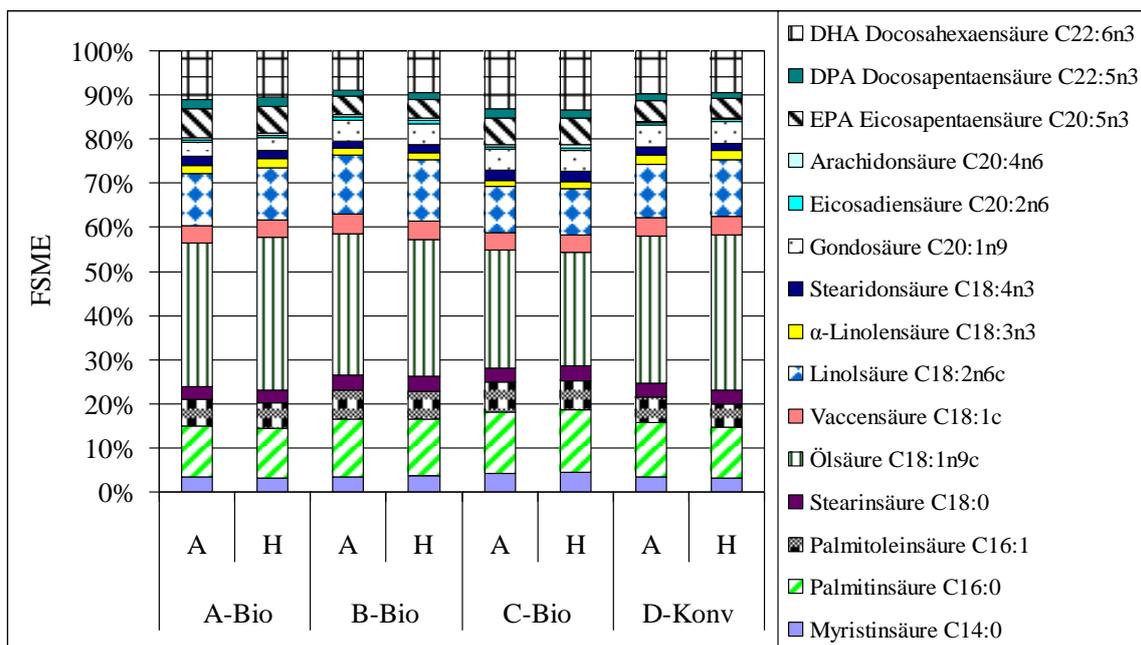


Abb. 44: Fettsäurezusammensetzung (FSME %) der Seesaiblingsfilets in Prozent

Die Analyse der in Phase III eingesetzten Futtermittel ergab teilweise deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Fettsäurezusammensetzung (Abb. 45). Das Biofutter B-Bio hatte im Vergleich zu A-Bio und C-Bio einen deutlich höheren Anteil an Ölsäure und dafür geringere Gehalte an n-3 Fettsäuren (DHA und EPA). Alle 3 Ökofutter hatten vergleichbare Anteile an Palmitin- und Linolsäure mit ca. 16 % bzw. 11 % im Fettanteil. Den höchsten Ölsäureanteil mit über 42 % enthielt das extrahierte Fett des konventionellen Futters. Dafür waren die prozentualen Anteile an Myristin-, Palmitin- und Stearinsäure und an hoch ungesättigten n-3 Fettsäuren, DHA und EPA, relativ gering. Im Gegensatz zu den Biofuttermitteln verfügte das konventionelle Futtermittel D-Konv über deutlich höhere Anteile an den mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linolsäure (n-6) und α -Linolensäure (n-3).

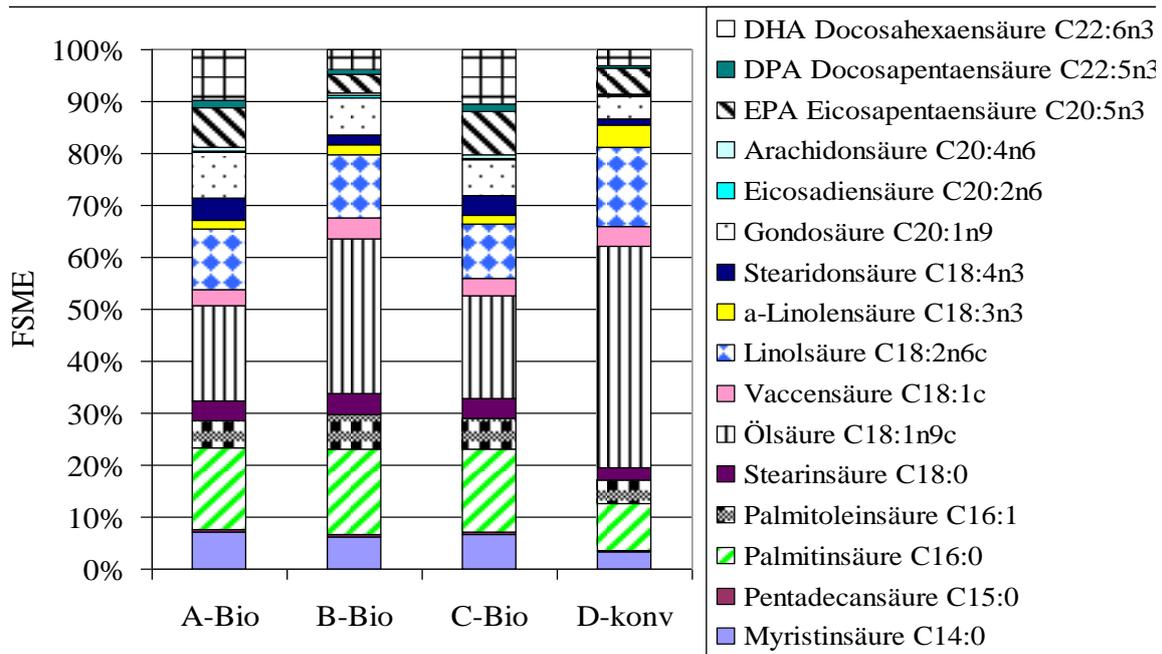


Abb. 45: Fettsäurezusammensetzung (FSME) der vier eingesetzten Futtermittel (Phase III)

Die unterschiedliche Aufnahme aus dem Futter und die Anreicherung von einzelnen Fettsäuren im Muskelfett werden in Abb. 46 und Tabelle 21 ersichtlich. Der relative Anteil von Docosahexaensäure (DHA) stieg im Fischmuskel im Vergleich zum Futter bei allen Gruppen leicht an, während sich der EPA-Anteil bei Fütterung mit Futtermittel A-Bio, C-Bio und D-Konv geringfügig verringerte (Abb. 46). Auffallend ist auch, dass sich der relative Ölsäureanteil im Muskel von Gruppe A-Bio und C-Bio gegenüber dem Futter erhöhte.

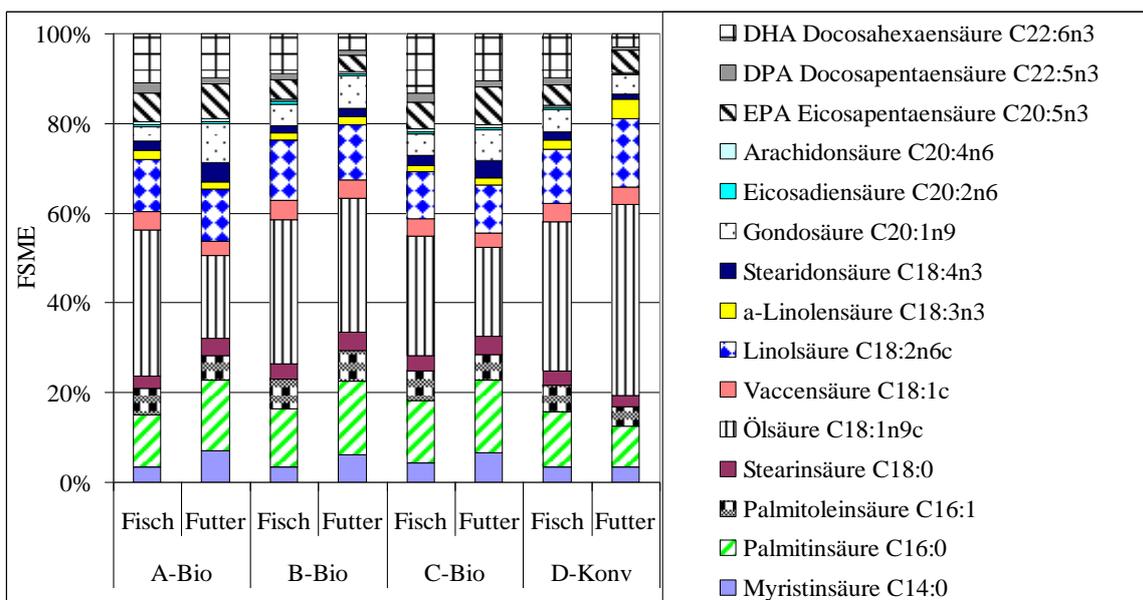


Abb. 46: Vergleich der Fettsäurezusammensetzung (FSME) im Seesaiblingsfilet und Futtermittel

Tabelle 23 verdeutlicht, dass der überwiegende Anteil des Rohfettes in den Futtermitteln nicht in den Filets wiederzufinden war, also die prozentualen Ölanteile im Filet deutlich geringer waren, als in den Futtermitteln. Ein anderes Bild ergibt sich bei Betrachtung der n-3- und n-6 Gruppen: Die prozentualen Anteile beider Fettsäuregruppen fanden sich bei den Futtermitteln A-Bio und C-Bio vollständig in den Filets wieder. Bei den Gruppen B-Bio und D-Konv, deren Futtermittel über weitaus geringere n-3 und n-6 Gehalte verfügten, kam es sogar zu einer Anreicherung beider Fettsäuregruppen im Muskelgewebe. Die Summen der essentiellen langkettigen, mehrfach ungesättigten n-3 Fettsäuren variierten zwischen den Gruppen in einem Bereich von 0,8 bis 1,4 g/100g Filetmasse.

Tab. 23: Vergleich von Fettsäuregruppen und ausgesuchten Fettsäuren im Seesaiblingsmuskel und Futter

Gruppe		Fett %	Anteil ω -3 % im Fett	Anteil ω -6 % im Fett	DHA ¹ g/100g ³	EPA ² g/100g ³
A-Bio	Hand (H)	8,1	22,5	12,9	0,9	0,5
	Automat (A)	7,7	23,6	12,8	0,9	0,5
	Futter	22,9	24,7	12,6		
B-Bio	Hand (H)	5,8	18,6	15	0,6	0,2
	Automat (A)	6,0	17,7	14,6	0,5	0,3
	Futter	18,1	11,8	13,1		
C-Bio	Hand (H)	6,7	25,1	11,8	0,9	0,4
	Automat (A)	6,6	24,8	11,6	0,9	0,4
	Futter	23,8	25,5	11,6		
D-Konv	Hand (H)	6,6	18,9	13,8	0,6	0,3
	Automat (A)	6,8	19,7	13,2	0,7	0,3
	Futter	24,4	14,1	15,7		

¹ DHA = Docosahexaensäure, ² EPA = Eicosapentaensäure, ³ Filetgewicht

6.4.3.8 Selengehalt in den Futtermitteln und den Filets

In Tabelle 24 sind die Gehalte für die verschiedenen Fütterungsgruppen und für die zuletzt eingesetzten Futter zusammengefasst. Da die Seesaiblinge mit den gleichen Produkten (mit unveränderter Herstellerdeklaration) wie die Bachforellen gefüttert wurden, wurde vereinbarungsgemäß das letzte Futtermittel der Aufzucht nicht erneut untersucht.

Fischmehl trägt ganz wesentlich zum natürlichen Selengehalt eines Fischfutters bei. Bachforellen, die mit dem konventionellen Futter D versorgt wurden, hatten auf Grund seines niedrigen Fischmehlanteils (dafür hoher Anteil an pflanzlichen Komponenten) die geringsten Selengehalte im Muskelfleisch. Dieser Zusammenhang wurde bei den Seesaiblingen nicht bestätigt. Überraschenderweise lagen die Werte für die konventionellen Fütterungsgruppen sogar vergleichsweise im höheren Bereich. Futter B (ökologisch), das gemäß Herstellerangaben den höchsten Fischmehlanteil (rd. 79 %) hatte, führte dagegen nicht zu einer verbesserten Selenanreicherung. Berücksichtigt man die Spannen zwischen den niedrigsten und höchsten Messwerten waren die Unterschiede insgesamt jedoch alle nicht bedeutend.

Ein zuverlässiger Rückschluss der Rezeptur auf die Höhe an Selen im Filet war nicht möglich, da sich der deklarierte Fischmehlanteil des Futters in der Muskulatur nicht eindeutig widerspiegelte. Als mögliche Gründe kämen biologische Faktoren, eine anders geartete Selenanreicherung der Seesaiblinge oder auch Schwankungen in der Futtermittelzusammensetzung in Frage.

Wie bei den Bachforellen war eine Abhängigkeit von der Fütterungsstrategie nicht nachweisbar.

Tab. 24: Selengehalte im Futtermittel und im Muskelfleisch von Seesaiblingen

Gruppe	Selengehalt im Futter (mg/kg)*	Fütterungsart	Selengehalt im Filet (mg/kg) n=10	Standardabweichung	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)
A	1,7	Hand (H)	0,14	0,02	0,12	0,18
		Automatik (A)	0,14	0,02	0,12	0,16
B	1,3	Hand (H)	0,17	0,01	0,16	0,19
		Automatik (A)	0,17	0,01	0,16	0,19
C	1,4	Hand (H)	0,23	0,01	0,21	0,26
		Automatik (A)	0,22	0,02	0,20	0,25
D	0,7	Hand (H)	0,23	0,01	0,21	0,24
		Automatik (A)	0,23	0,01	0,21	0,24

* Analysenergebnisse der letzten Futtercharge für die Bachforellenaufzucht (Tab. 14)

6.4.3.9 Wasserbindungsvermögen, Textur, Farbe

Die Ergebnisse sind in Abbildung 47 dargestellt. Grundsätzlich war festzustellen, dass der Anteil an auspressbarem Wasser in den Seesaiblingen höher war als in den Bachforellen.

Insgesamt waren die Ergebnisse ebenfalls sehr homogen, was sich auch bei der statistischen Überprüfung auf signifikante Unterschiede widerspiegelte. So waren zwar Differenzen zwischen Hand- und Automatenfütterung auf dem 95 % Signifikanzniveau zu sehen,

sie wiesen jedoch nicht in eine Richtung. Ein gesicherter systematischer Unterschied zwischen den verschiedenen Futtermitteln war dadurch nicht erkennbar. Es ist davon auszugehen, dass die individuellen Unterschiede zwischen den einzelnen Fischen (Größe, Fettgehalt) maßgeblich zu den Schwankungen beitrugen.

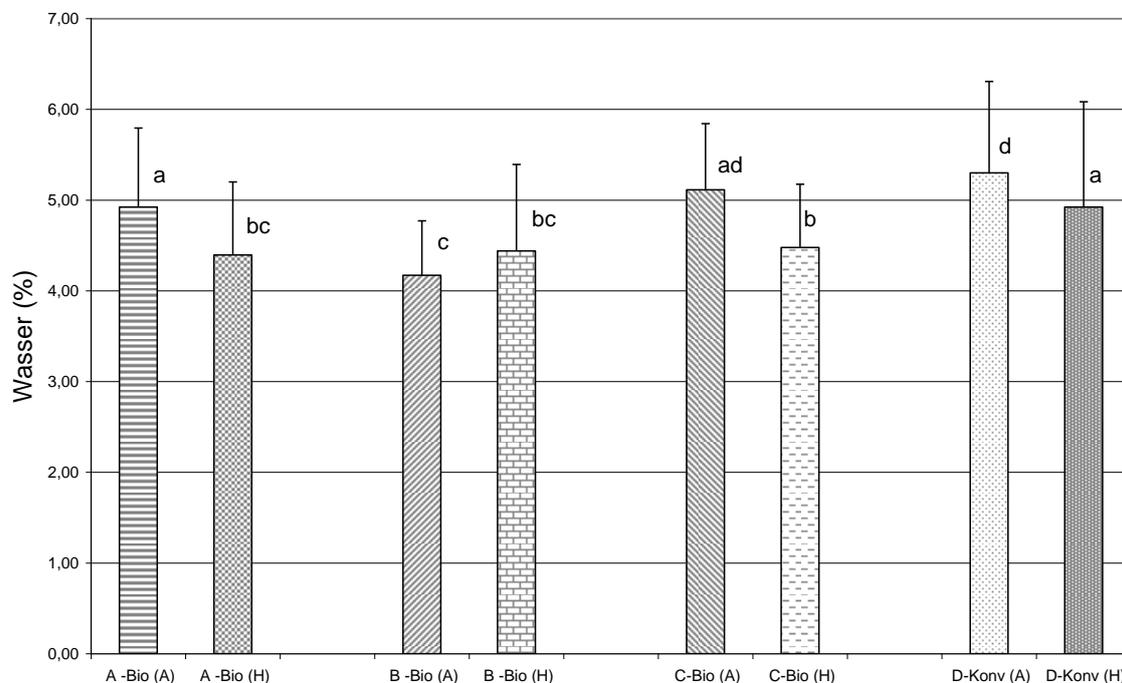


Abb. 47: Bestimmung des auspressbaren Wassers in den Seesaiblings der verschiedenen Fütterungsgruppen. Darstellung der Mittelwerte +/- Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten

Abbildung 48 zeigt die Ergebnisse der Kraftprüfung zur Texturbestimmung für die unterschiedlich gefütterten Seesaiblingsgruppen. Die Werte variierten im Bereich zwischen 26 und 29 N, d. h., das Muskelfleisch war deutlich homogener und wesentlich weicher als bei den Bachforellen. Die geringen Texturunterschiede lassen keine Rückschlüsse auf die Aufzuchtbedingungen zu.

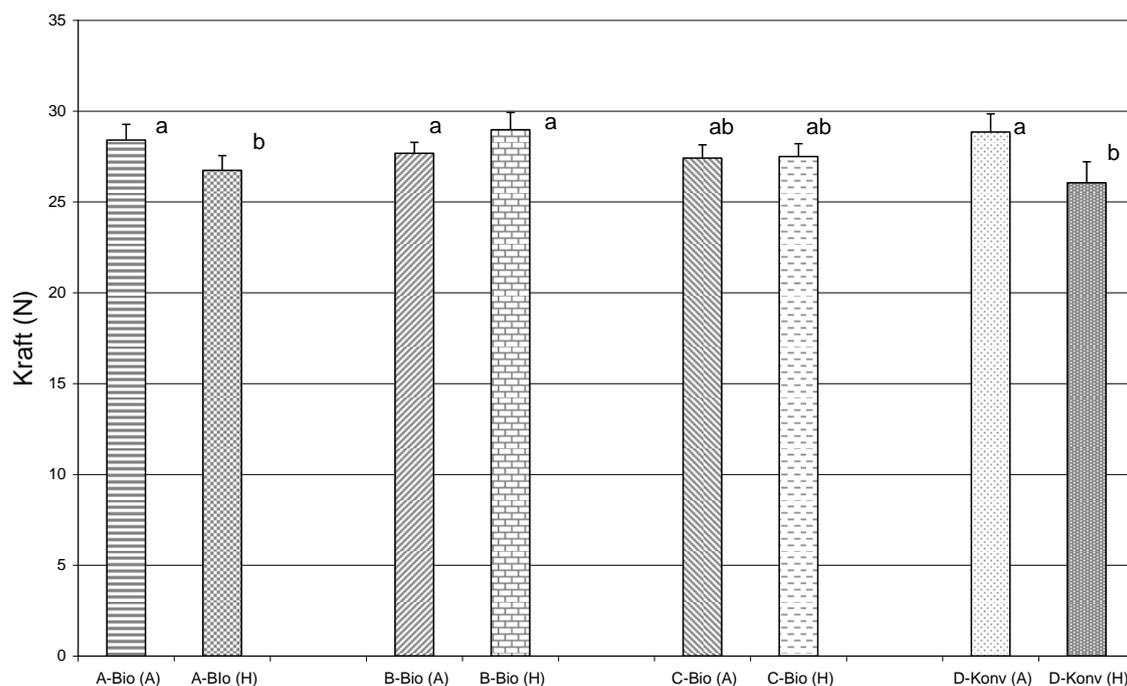


Abb. 48: Darstellung der mittleren Kraftwerte (N) für die Seesaiblings der verschiedenen Fütterungsgruppen. Darstellung der Mittelwerte +/- Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben an den Säulen stehen für signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Mittelwerten

Die Ergebnisse der Farbmessungen an den Seesaiblingsfilets sind in den Abbildungen 49 bis 51 graphisch dargestellt. Die Unterschiede der einzelnen Farbparameter können als relativ gering angesehen werden. Die L^* Werte (Helligkeit) lagen zwischen 34,32 und 36,19 und die a^* Werte (+ rot oder – grün) zwischen 2,62 und -1,83. Die größten Varianzen wurden bei den b^* Werten (+ gelb oder – blau) ermittelt, die sich im Bereich zwischen 0,16 und 0,97 bewegten. Die mit dem konventionellen Futter gefütterte Gruppe D-Konv lag immer im Messbereich der anderen Gruppen. Die unterschiedliche Zusammensetzung der verschiedenen Futtertypen wirkte sich nicht nachweisbar auf die Farbe der Filets aus.

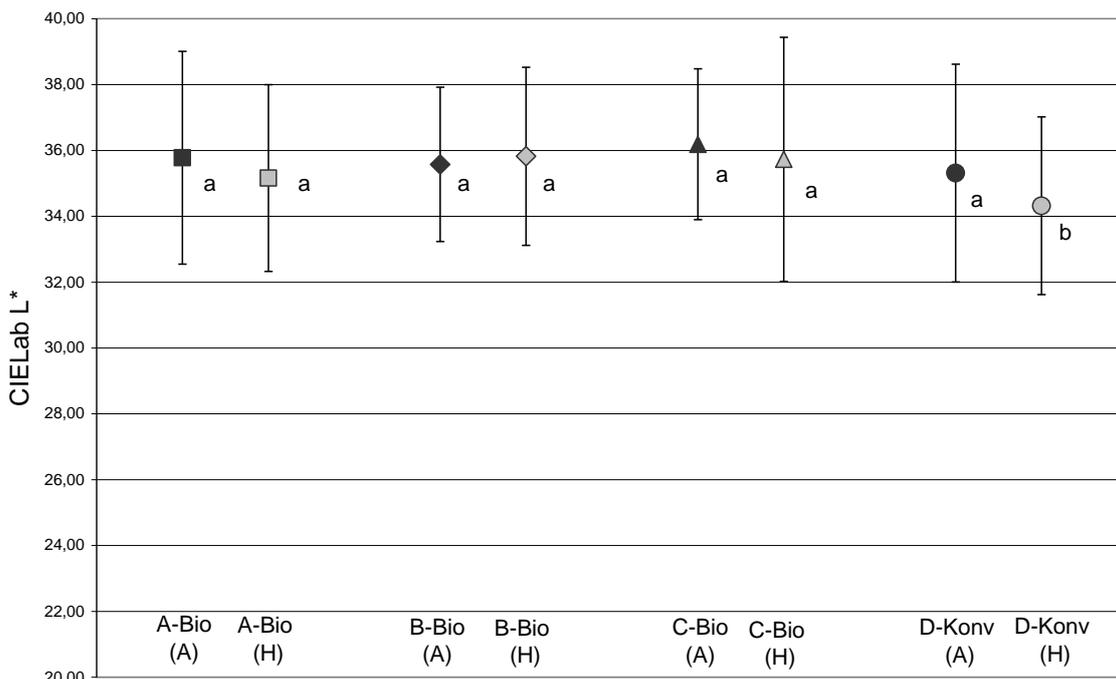


Abb. 49: L*-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

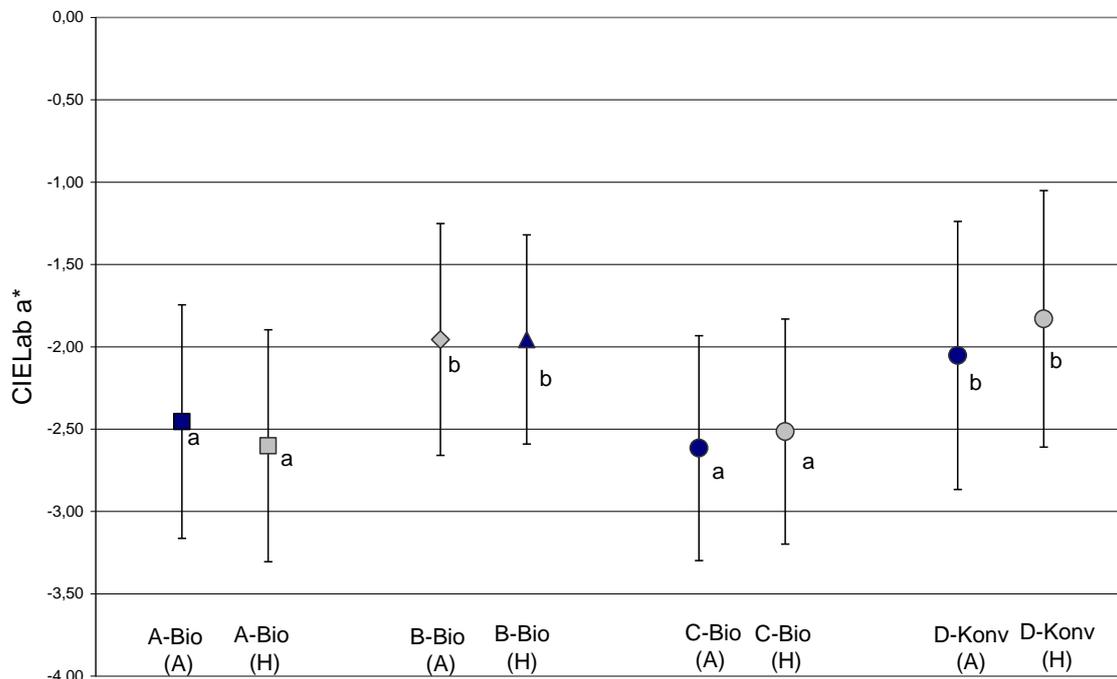


Abb. 50: a*-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

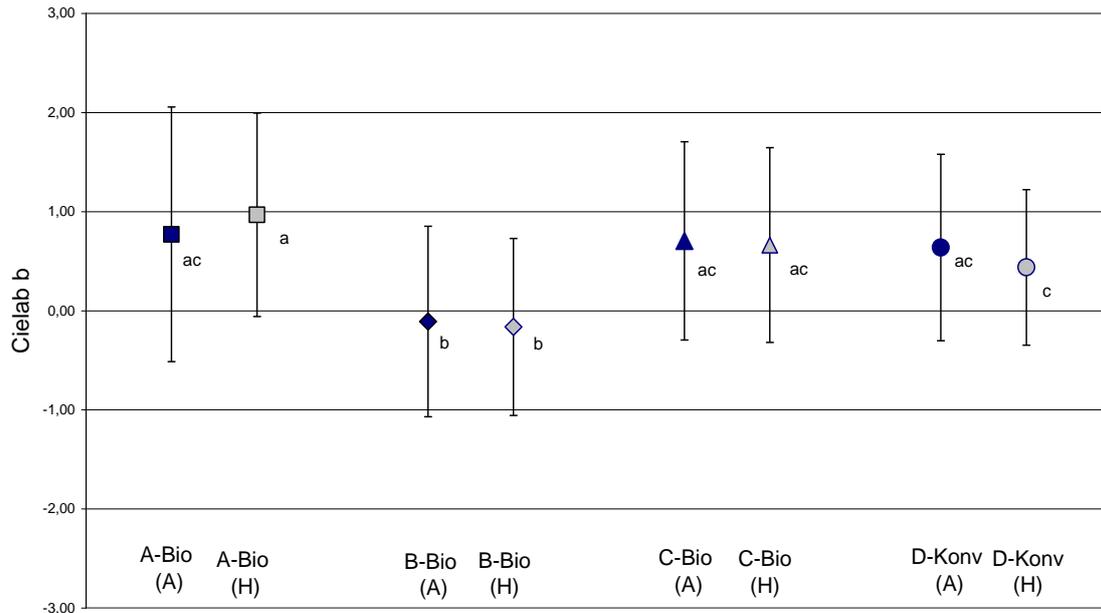


Abb. 51: *b**-Werte der Filets von Seesaiblingen der verschiedenen Fütterungsgruppen. Unterschiedliche Buchstaben zu den Mittelwerten (+/- Standardabweichung) bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

6.4.3.10 Aromaprofilanalyse

Die Abbildungen 52 und 53 zeigen exemplarisch die Auswertung für das konventionelle Futter (D-Konv) und für eines der Biofutter (B-Bio). In beiden Fällen ist zu erkennen, dass die Aromaprofile so ähnlich waren, dass eine Unterscheidung zwischen Hand- und Automatenfütterung nicht möglich war.

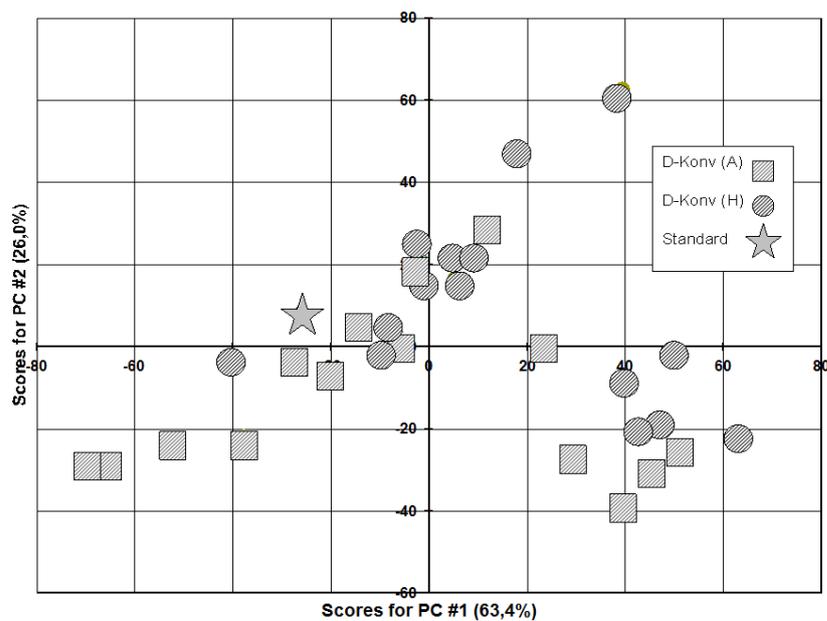


Abb. 52: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Fütterungsgruppen D-Konv „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

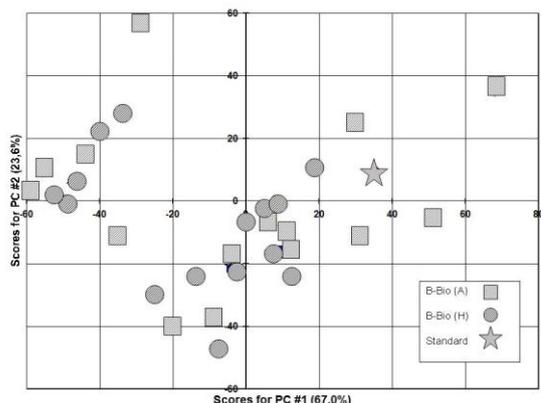


Abb. 53: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Fütterungsgruppen B-Bio „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

Ein unmittelbarer Vergleich von Seesaiblingen, die mit dem konventionellen Futter D-Konv bzw. dem Biofutter B-Bio gefüttert wurden (Abb. 54), ergab, dass die Aromaprofile auf Grund der unterschiedlichen Futterzusammensetzung Unterschiede zeigten, die aber als sehr gering beurteilt werden müssen. Von den weiteren Vergleichen der Futtergruppen gegeneinander wird stellvertretend die Gegenüberstellung zweier Biofutter dargestellt (Abb. 55).

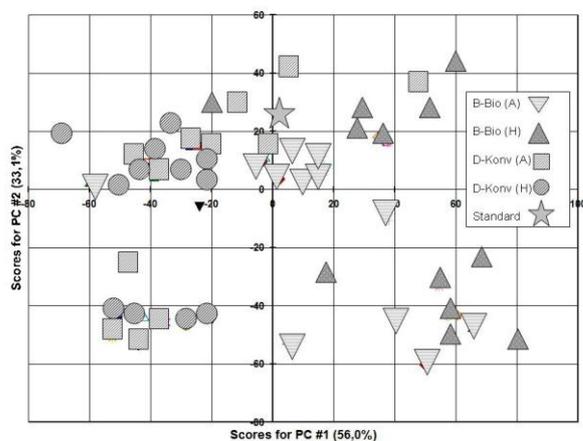


Abb. 54: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Gruppen B-Bio und D-Konv, jeweils „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

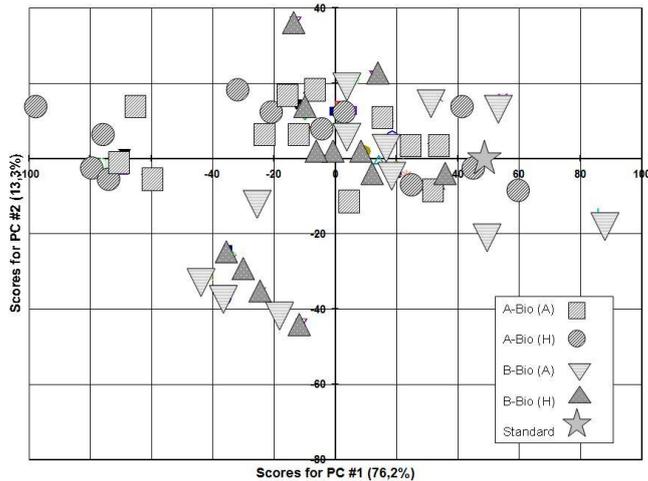


Abb. 55: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase. Ergebnisse für die Gruppen A-Bio und B-Bio, jeweils „Automatenfütterung“ (A) und „Handfütterung“ (H), Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse der Messwerte

Folgerichtig lassen die Abbildungen 56 (Handfütterung) und 57 (Automatenfütterung) für alle vier Futterarten wie bereits bei den Bachforellen erkennen, dass die Sensoren der für dieses Projekt eingesetzten elektronischen Nase keine auswertbaren Unterschiede zwischen den verschiedenen Fischgruppen hinsichtlich ihres Aromaprofils feststellen konnten.

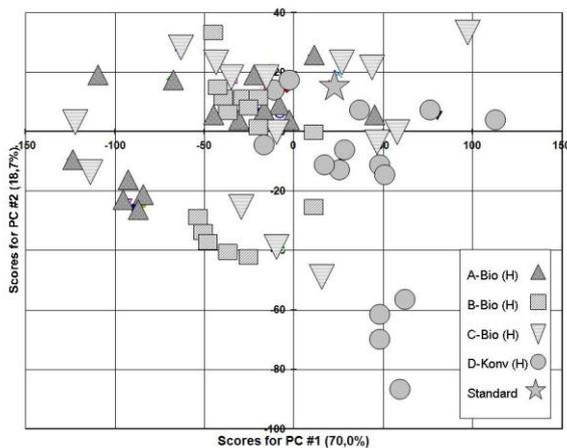


Abb. 56: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse mit den Messwerten für die vier Fütterungsgruppen „Handfütterung“

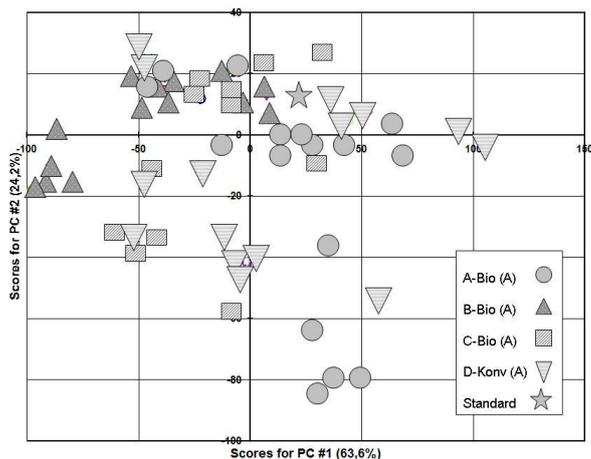


Abb. 57: Untersuchung von Seesaiblingen mit der elektronischen Nase: Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse mit den Messwerten für die vier Fütterungsgruppen „Automatenfütterung“

Weder die unterschiedlichen Aufzuchtformen (Handfütterung/Automatenfütterung) noch die verschiedenen Futterarten führten zu auswertbaren Aromaunterschieden. Es war nicht möglich, die Aromaprofile den verschiedenen Gruppen zuzuordnen, da sie in sich zu ähnlich waren.

6.4.3.11 Sensorische Bewertung der gegarten Seesaiblingsfilets

Die Durchführung der Sensorik und die Zubereitung erfolgten wie bei den Bachforellen mit folgenden Abänderungen: Das Sensorikpanel überprüfte in einer vorbereitenden Verkostung mit Saiblingen einer Fütterungsgruppe (anonymisiert), ob die bereits bei den Bachforellen benutzten Attribute weiterhin passend sind und einigte sich anschließend auf eine gemeinsame Bewertung, die als Standard in den Sensorikbogen für die Profilprüfung für die Hauptsitzung eingetragen wurde. Auf Grund der Filetgröße wurde die Zubereitungszeit im Kochbeutel von 8 auf 7 Minuten verkürzt.

Im Spinnen-Netz-Diagramm der Abbildung 58 sind wie bereits bei den Bachforellen die zu beurteilenden Attribute dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Bewertungen für Textur (T) „krümelig, breiig“, Geruch (GR) „stechend“ und Geschmack (GM) „abweichend“ für die Qualitätsbeurteilung nicht von Bedeutung waren. Geruch und Geschmack „modrig“ wurden trotz der geringen Ausprägung in die Auswertung einbezogen.

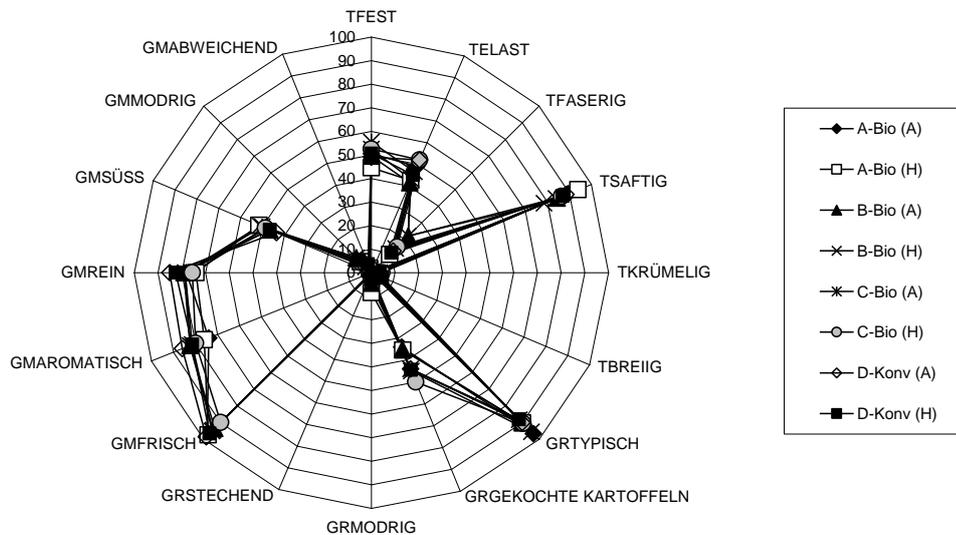


Abb. 58: Spinnen-Netz-Diagramm mit den Attributen für die sensorische Beurteilung der gegarten Seesaiblingsfilets. Die Intensität nimmt mit dem Abstand vom Zentrum zu. Buchstaben vor den Attributsbezeichnungen: T= Textur, GR= Geruch, GM= Geschmack

Mit den Bachforellen vergleichbar wurden auch die verschiedenen Fütterungsgruppen der Seesaiblinge sensorisch sehr ähnlich beurteilt. Für die Attribute Textur „faserig“ (Abb. 61), Geruch „modrig“ (Abb. 60) und Geschmack „aromatisch“ (Abb. 59) wurden zwar signifikante Unterschiede (Wilcoxon-Mann-Whitney Rangsummentest, $p < 0,05$) zwischen den beiden Fütterungsgruppen mit den stärksten Unterschieden ermittelt, dies waren jedoch nur Einzelbefunde. Fische, die mit konventionellem Futter (D-Konv) gefüttert wurden, gehörten nicht dazu. Auch wurden in keinem Fall gesicherte Unterschiede zwischen Hand- und Automatenfütterung festgestellt. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Abweichungen aus den unterschiedlichen individuellen Bewertungen der Prüfer herrühren und keine generelle Aussagekraft haben. Daraus folgt: sensorisch wurden auf Basis der Profilprüfung keine Unterschiede zwischen den Futtern und den verschiedenen Fütterungsstrategien festgestellt. Während es bei den Bachforellen mit A-Bio (H) eine Gruppe gab, die insgesamt etwas schlechter beurteilt wurde, gab es bei den ebenfalls mit dem Biofutter A gefütterten Seesaiblingen (Gruppe A-Bio) keine Auffälligkeiten.

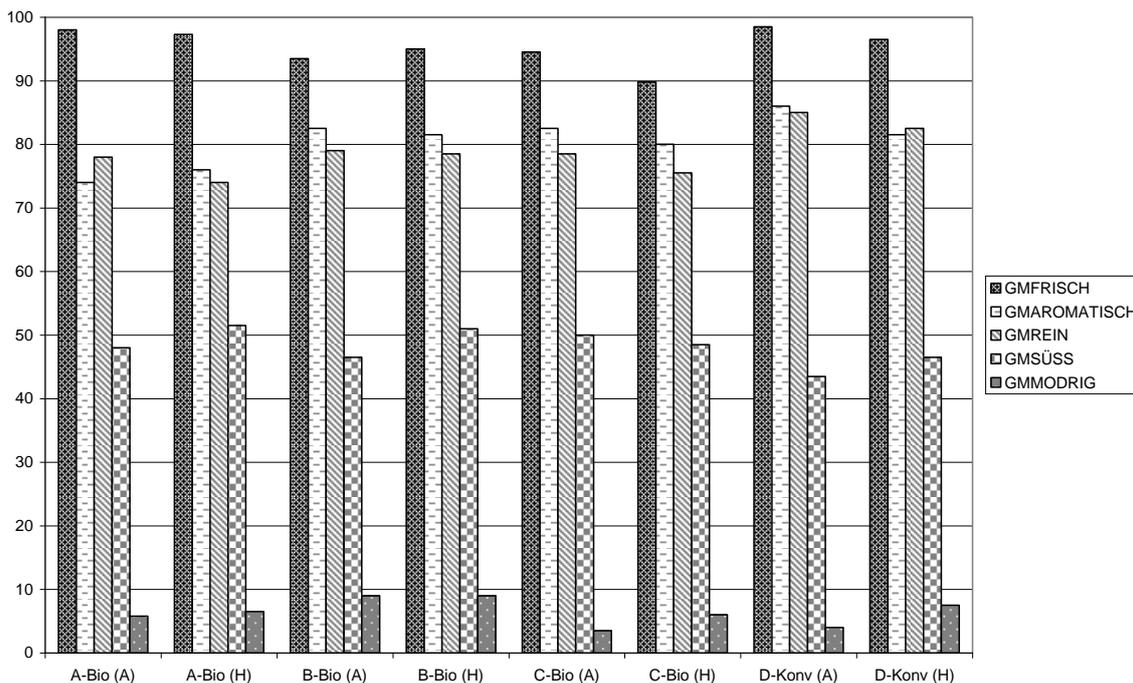


Abb. 59: Sensorische Bewertung des Geschmacks (GM) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

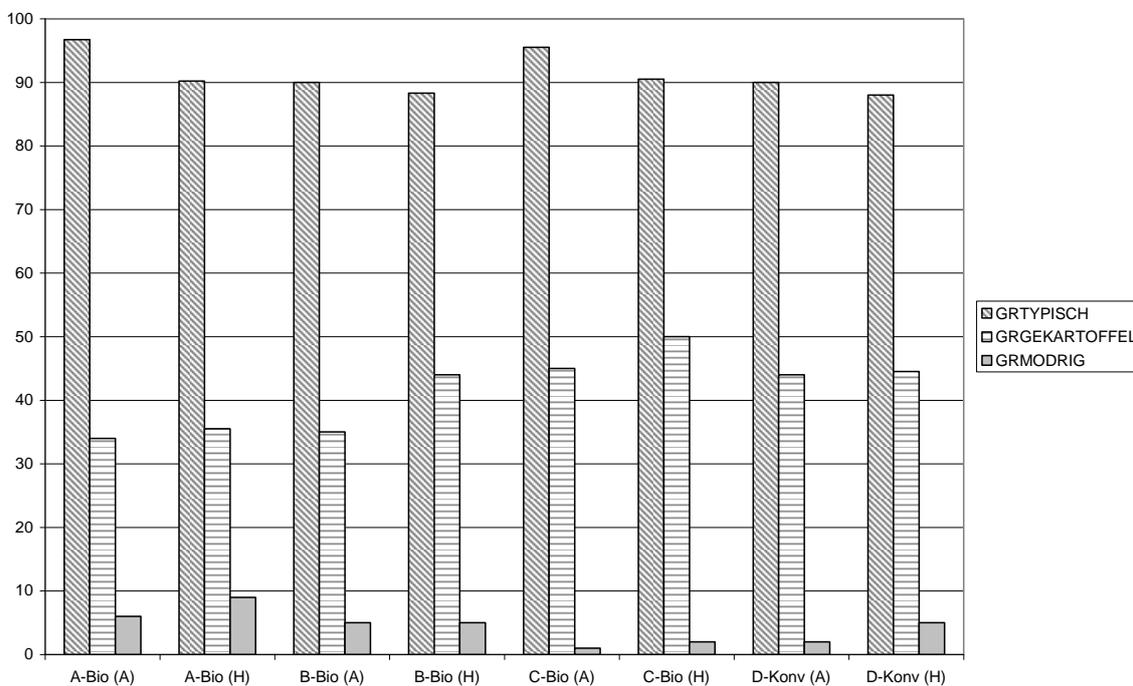


Abb. 60: Sensorische Bewertung des Geruchs (GR) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

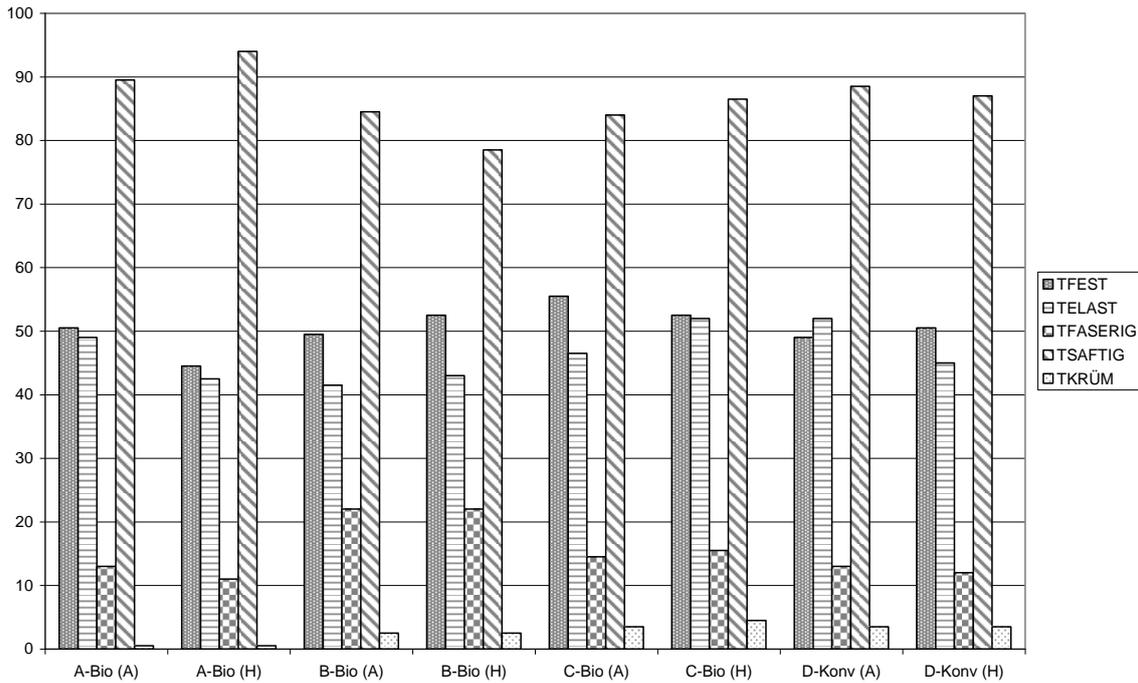


Abb. 61: Sensorische Bewertung der Textur (T) der Seesaiblinge. y-Achse: Ausprägung des Attributs 0 (nicht vorhanden) bis 100 (maximal)

Auch bei der Verkostung der Seesaiblinge wurden die Prüfer am Ende gefragt, welche persönliche Bevorzugung sie hätten. Im Unterschied zu den Bachforellen (Mehrheit: kein Unterschied) wurde die Automatenfütterung leicht bevorzugt (Abb. 62).

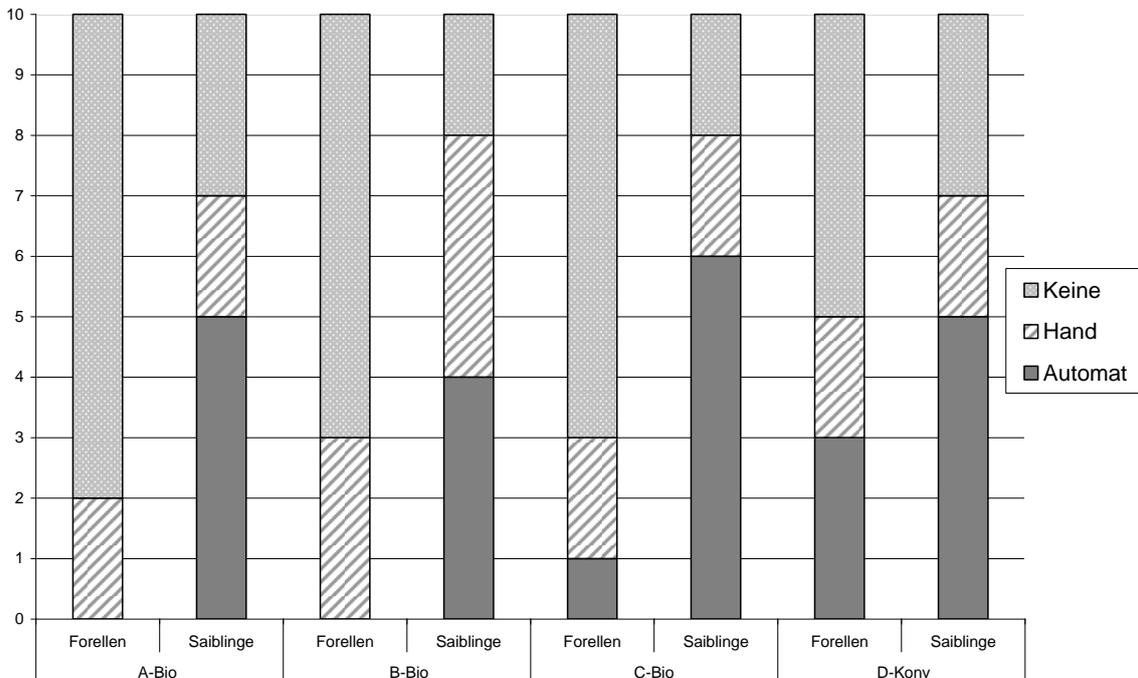


Abb. 62: Antworten des Sensorikpanels auf die Frage: Welche Probe würden Sie persönlich bevorzugen?

7 Diskussion

7.1 Aufzucht

Bei der Aufzucht von Fischen können eine Reihe von Faktoren das Wachstum der Tiere beeinflussen: das Entwicklungsstadium der Individuen, Umweltparameter oder die Qualität und Quantität der Futtermittel sowie deren Verabreichung. Da die Fütterungsgruppen bei beiden Untersuchungen mit Ausnahme des Fütterungsregimes unter gleichen Bedingungen gehalten wurden, kann allein dieses für die unterschiedlichen Wachstumsleistungen verantwortlich gemacht werden. Da die Versuchsbedingungen bei beiden Untersuchungen nahezu gleich war, sind daher unterschiedliche Leistungseigenschaften der Bachforellen und Seesaiblinge nicht auf das Aufzuchtmanagement zurückzuführen, sondern bedingten sich durch die unterschiedlichen Eigenschaften beider Arten. Die Bachforellen wurden von 02.02.2009 bis 14.11.2009 in 9,5 Monaten von 30 g Lebendgewicht von Setzlings- auf Speisefischgröße (300 bis 350 g) großgezogen. Die Aufzucht der Seesaiblinge erfolgte bei gleicher Ausgangsmasse im Zeitraum vom 01.12.2009 bis zum 16.10.2010 in 10,5 Monaten (300 g).

7.1.1 Wasserqualität

Das in allen Teichen eingesetzte Zulaufwasser stammt aus einer Quellschüttung. Dies bedingt eine nahezu identische Wasserqualität in allen Teichen. Die wichtigsten Faktoren Temperatur, pH-Wert, Kalkgehalt, Salzgehalt, Stickstoffverbindungen, Nitrit, Eisen, Mangan und die organische Belastung lagen alle im optimalen Bereich (Schäperclaus und Lukowicz 1998). Um andere Effekte bei der Aufzucht, wie z. B. Teichposition, Baumbewuchs, Beschattung oder Aktivität um die Teiche, ausschließen zu können, wurden die einzelnen Fütterungsgruppen in den Kompartimenten zufällig getauscht. Nach statistischer Betrachtung konnte dafür kein Einfluss auf die Aufzucht nachgewiesen werden.

Die Wassertemperatur blieb während der beiden Aufzuchtversuche konstant und war in einem für Bachforellen und Seesaiblinge physiologisch optimalen Bereich (Bohl 1999), wobei aber nach Jobling et al. (1993a) Seesaiblinge maximale Wachstumsraten in einem Temperaturbereich von 12-15 °C erreichen, während bei der Aufzucht von Bachforellen Wassertemperaturen von 16-18 °C die höchsten Zuwachsraten garantieren. Die Einhaltung der von Naturland geforderten Sauerstoffmenge mit einer Sättigung von mindestens 70 % verlangte trotz der geringen Besatzdichten von maximal 10 kg/m³ einen permanenten Frischwasserzulauf von 4,0 l/s. Nur so konnten die vorausgesetzten Sauerstoffkonzentrationen ohne eine zusätzliche Belüftung des Wasserkörpers annähernd eingehalten werden. Dennoch kam es immer wieder zu einer kurzzeitigen Unterschreitung des Sollwertes, insbesondere in den Sommernächten. Dies bedingte in Einzelfällen eine mittlere Sättigung des Wassers mit Sauerstoff von 60 bis 70 %. Verantwortlich dafür waren ein stark ausgeprägtes Algenwachstum und eine verstärkte Sedimentation von organischer Fracht (Faeces, Futter, Mikro- und Makroalgen) in den Teichen. Ersteres führte in den Dunkelperioden zu einer Veratmung von Sauerstoff, während Letzteres für eine verstärkte Sauerstoffzehrung durch Mikroorganismen beim Abbau der organischen Substanz verantwortlich war. Als Gegenmaßnahme mussten regelmäßige Teichreinigungen durchgeführt und zusätzlich die Makroalgen manuell aus den Wasserkörpern entfernt werden, was zu einer erhöhten Stressbelastung der Fische geführt haben kann. Daneben wurde versucht durch die Beschattung der Teiche mit überspannten Matten das Algenwachstum einzudämmen. Diese ungünstigen Produktionsbedingungen hätten durch eine induzierte Strömung, z. B. durch

eine regelmäßige zusätzliche Belüftung, oder aber auch eine Erhöhung der Besatzdichte verbessert werden können. Beides ist aber nach den Vorgaben des Naturland-Verbandes nicht möglich. Dennoch bleibt anzumerken, dass sich die diurnal schwankenden Sauerstoffgehalte insgesamt in einem akzeptablen und nicht in einem kritischen Bereich für eine Salmonidenproduktion befanden (Schäperclaus und Lukowicz 1998, Saether 2010). Während der Untersuchungen wurden CO₂-Konzentrationen von durchschnittlich 32 mg/l in den Teichen nachgewiesen. Diese Werte liegen deutlich über den Optimalwerten von Forellen und Seesaiblingen. Zumindest bei den Bachforellen bewegt er sich aber noch nicht in einem kritischen Bereich (Schäperclaus und Lukowicz 1998). Dagegen werden für Seesaiblinge je nach Alkalinität Optimalkonzentrationen von 10-15 mg/l genannt (Johnston 2002). Ursache für die hohe CO₂-Konzentration ist ein extrem hoher Gehalt im Quellwasser, der trotz anschließender Wasserkonditionierung nicht in einen optimalen Bereich gebracht werden konnte. Möglich ist, dass dieses zu einem chronischen Stressgeschehen führte, in dessen Folge die Wachstumsleistung und Fitness der Forellen, aber insbesondere der Seesaiblinge, negativ beeinflusst wurde. Dies kann zu den bei den Seesaiblingen beobachteten Krankheitsausbrüchen geführt haben.

7.1.2 Verluste

Die während der routinemäßigen Untersuchungen festgestellten geringen bis mittleren Befallsgrade der Fische mit Ektoparasiten (*Apiosoma* spp., *Gyrodactylus salaris*) führten zu keinen weiteren Verlusten. Gerade der Befall mit *Apiosoma* spp. (früher: *Glossatella*) weist aber darauf hin, dass es in den Teichen, trotz des sehr hohen Reinigungsaufwands, zu bedeutenden Ablagerungen von organischer Fracht kam, die einen geeigneten Nährboden für die Einzeller darstellten. Zu bedeutenden Verlustgeschehen kam es während der Seesaiblingsaufzucht. Die durch das Bakterium *Aeromonas salmonicida* ausgelöste Furunkulose hatte eine größere Anzahl an Fischverlusten zur Folge.

Viele Verluste wurden durch den Fraßdruck von Füchsen und Reiher verursacht. Im Rahmen des Projektes wurden zahlreiche neue Erkenntnisse zur Abwehr von Fischprädatoren gewonnen, wie z. B. die Anwendung von Elektrozäunen am Teich. Daneben konnten durch die optimierte Installation von Überspannungen Verluste nahezu ausgeschlossen werden. Diese Verluste stellen einen bedeutenden Faktor dar und der daraus resultierende wirtschaftliche Nachteil kann für einen Fischzüchter von enormer Bedeutung sein. Auf die Gesamtanzahl der Fische zu Versuchsbeginn gesehen waren die Verluste mit 1,0 % bei den Bachforellen minimal bzw. mit 6,8 % bei den Seesaiblingen in einem üblichen Rahmen der Salmonidenproduktion (Bohl 1999). Im Vergleich dazu stellte Reiter (2006a und b) bei der Aufzucht von Seesaiblingen bis zur Speisefischgröße weitaus höhere Verluste (bis 83 %) fest. Bei der vorliegenden Untersuchung war für den Anstieg der Verluste in der letzten Aufzuchtphase insbesondere der Eintritt in die Geschlechtsreife verantwortlich, der zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit führte, was den Ausbruch der Furunkulose begünstigte. Daher wäre für die ökonomische Erzeugung von Seesaiblingen, unabhängig von einer konventionellen oder Öko-zertifizierten Produktion, die Selektionszucht von spätreifen Tieren sinnvoll.

7.1.3 Verhalten

Im Gegensatz zu Regenbogenforellen ist das Verhalten der Bachforelle durch eine geringer ausgeprägte Aggressivität und eine relative Standorttreue am Gewässergrund gekennzeichnet. Daher kam es bei der vorliegenden Untersuchung dazu, dass die angebotenen Futtermittel erst spät in der Wassersäule von den Bachforellen registriert wurden und teil-

weise im Kieslückensystem nicht aufgenommen wurden. Auch die geringe Besatzdichte trug zu einer verzögerten Wahrnehmung der Fütterungsintervalle bei, da sie eine Schwarmbildung und einen damit verbundenen Fressrausch unterdrückte, was letztendlich in einer reduzierten Futteraufnahme mündete. Untersuchungen zeigen, dass der Seesaibling als Schwarmfisch bei Besatzdichten unter 20 kg/m^3 schlechter als bei höheren Besatzdichten abwächst. Die optimale Besatzdichte mit maximalen Wachstumsraten liegt bei $50\text{-}70 \text{ kg/m}^3$ (Wallace et al. 1988, Baker und Ayles 1986, Jorgensen et al. 1993), wobei aber auch durchaus höhere Besatzdichten ohne negative Auswirkungen gewählt werden können. Ein solches Aufzuchtregime resultiert in einem gleichmäßigen und optimalen Wachstum (Brown et al. 1992, Jobling et al. 1993b). Dagegen ist bekannt, dass eine zu geringe Besatzdichte ein aggressives Verhalten unterstützt und Stress begünstigt, der in der Folge zu einem reduziertem Wachstum und ansteigenden Verlusten führen kann. Insofern könnte unter Umständen eine Produktion von Seesaiblingen unter den Bedingungen eines ökologischen Anbauverbandes (Besatzdichten von bis zu 10 kg/m^3) nicht nur ökonomisch nicht sinnvoll sein, sondern auch, aufgrund der schwarmbildenden Eigenschaften der Seesaiblinge, nicht ihrem natürlichen Verhalten entsprechen.

Die reduzierte Futteraufnahme war unabhängig von der Art der Fütterung (Hand- und Automatenfütterung), wobei aber die ausführende Person bei der Handfütterung eher auf ein anormales Fressverhalten der Fische reagieren konnte. Gegenüber der Automatenfütterung führte die Handfütterung mit einer visuellen Kontrolle der Appetanz zu weniger Futterverlusten. Im Gegensatz zu den Bachforellen nahmen die Seesaiblinge das Futter nicht an der Oberfläche, sondern erst in Bodennähe auf. Desweiteren wurde bei ihnen eine intensivere Schwarmbildung und ein schreckhafteres Verhalten beobachtet. Dagegen war bei der Aufzucht der Bachforellen die Prägung auf äußere, menschliche Einflüsse weitaus stärker (z. B. bei Fütterungen). Als Erklärung dafür kann die Zuchthistorie der beiden Salmonidenherkünfte dienen: Während es sich bei dem Bachforellenbestand um einen seit Generationen etablierten Aquakulturstamm handelt, stammten die Seesaiblinge direkt von Wildfängen der Hinterseepopulation ab. Diese Wildfische unterlagen zuvor keiner züchterischen Bearbeitung und eine eventuelle Ausprägung aquakultureller Eigenschaften war so nicht gegeben. Ähnliches beobachteten auch Siikavuopio und Jobling (1995), die bei der Aufzucht von Nachkommen von wild gefangenen Seesaiblingen eine vermehrte Aggressivität bei geringen Besatzdichten feststellten.

7.1.4 Futtermittel

Die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) ist mit einer jährlichen Produktionsmenge von über 21.000 t die Hauptfischart der Forellenteichwirtschaft in Deutschland. Insbesondere wird sie aber in großen Mengen weltweit produziert. Aus diesem Grund ist sie eine der besterforschten Fischarten der Aquakultur und die in der Salmonidenproduktion verwendeten Futtermittel und Fütterungstechniken wurden speziell für diese Fischart entwickelt und werden weiterhin ständig optimiert. Die Zusammensetzung aller vier Futtermittel entsprach hinsichtlich ihrer Makroinhaltsstoffe den physiologischen Ansprüchen von Salmoniden. In Abhängigkeit von dem Rohfettgehalt wiesen sie unterschiedliche Gehalte an verdaulicher Energie auf. Mit mindestens $17,6 \text{ MJ/kg}$ (Futter B-Bio) bis maximal $20,6 \text{ MJ/kg}$ (Futter C-Bio) lagen die Biofuttermittel im Bereich eines durchschnittlichen konventionellen Forellenfuttermittels (Futter D-Konv). Allerdings unterschieden sich die Qualitäten der Makronährstoffe deutlich. Während Futtermittel A-Bio und B-Bio hauptsächlich Fischmehl, Fischöl und Weizen beinhalteten, wurden bei den Futtermitteln C-Bio und insbesondere D-Konv die tierischen Komponenten teilweise durch pflanzliche Rohs-

stoffe substituiert. Deutlich wird dies durch einen ersichtlich höheren Anteil an Fischmehl und Fischöl in den Biofuttermitteln im Vergleich zu dem konventionellen Futter. So beträgt der Proteinanteil im Biofutter mindestens 53 % Fischmehl gegenüber maximal 23 % Fischmehl im konventionellen Futter. Insgesamt sind allerdings Rohprotein- und der Rohfettgehalt in den Futtermitteln vergleichbar, mit Ausnahme des Futtermittels B-Bio mit bis zu 5 % weniger Rohfettanteilen. Die unterschiedlichen Rohstoffquellen werden auch durch die Zusammensetzung der Fettsäuren ersichtlich: Fettsäuren, die in terrestrischen Pflanzen und Tieren vorkommen, haben gewöhnlich einen geringeren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren mit einer Kettenlänge von 14 bis 16 C-Atomen. Dagegen haben aquatische Organismen höhere Gehalte an ungesättigten Fettsäuren mit bis zu 22 Kohlenstoffatomen (Yamada und Hayashi 1975). Außerdem haben Fische im Gegensatz zu landlebenden Säugetieren eine Präferenz für Fettsäuren der n-3-Reihe und nicht des n-6-Typs (Cowey und Sargent 1977), die als Anpassung an niedrigere Körpertemperaturen der poikilothermen Tiere angesehen werden muss. So weisen besonders Kaltwasserfische einen höheren Gehalt an n-3-Fettsäuren auf (Farkas et al. 1980). Daher lassen die in den Biofuttermitteln aufgefundenen hohen Gehalte an langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren der n-3-Gruppe (EPA, DHA) Rückschlüsse auf eine marine Quelle zu (Fischöl). Dagegen stehen hohe Anteile an Linolsäure (n-6) für die Verwendung von pflanzlichen Rohstoffen (Sargent et al. 1989). Die Rohfasergehalte korrelierten in der Regel direkt mit dem Anteil an pflanzlichen Rohstoffen, weshalb Futtermittel C-Bio und D-Konv höhere Gehalte als A-Bio und B-Bio aufwiesen, bei deren Produktion auf pflanzliche Rohstoffe weitestgehend verzichtet wurde. Alle anderen Inhaltsstoffe sind weitgehend durch die Biozertifizierung, beziehungsweise durch praktische und preiswerte Herstellung definiert. Ein Beispiel hierfür sind antioxidative Inhaltsstoffe, wie Butylhydroxytoluol, Butylhydroxyanisol und/oder Ethoxyquine, welche in Biofuttermitteln verboten sind. Diese Inhaltsstoffe finden sich auch in Futter A-Bio, was ein Deklarierungsfehler sein könnte, da das Futtermittel sonst nicht zertifiziert werden kann.

7.1.5 Wachstumsleistung

Aufgrund der Futtermittelzusammensetzung lassen sich die Zuwachserfolge abschätzen. Während der Aufzucht kam es zu Wachstumsunterschieden aufgrund der verschiedenen Energiegehalte der Futtermittel. Die Wachstumsleistung der Bachforellen war bei den Gruppen A-Bio und C-Bio am höchsten, wogegen bei der Aufzucht der Seesaiblinge die Futtermittel C-Bio und D-Konv die besten Zuwachsleistungen erbrachten. Bei beiden Fischarten verfügten die mit dem Futtermittel B-Bio aufgezogenen Gruppen über die geringste Wachstumsleistung. Da die qualitative Zusammensetzung dieses Futtermittels nur geringe Unterschiede zu den anderen Biofuttermitteln aufwies, war der geringere Zuwachs vornehmlich auf den niedrigen Energiegehalt zurückzuführen. Insgesamt konnten für alle Gruppen nur geringe Wachstumsunterschiede nachgewiesen werden. Dies zeigt, dass alle eingesetzten Futtermittel den physiologischen Ansprüchen der Salmoniden entsprachen, und dass eine zumindest teilweise Substitution teurer mariner Rohstoffquellen, wie in den Biofuttermitteln enthalten, durch preisgünstigere pflanzliche Inhaltsstoffe (Futter D-Konv) möglich ist. Auch der Vergleich von Hand- und Automatenfütterung ergab keine signifikanten Wachstumsunterschiede der Fütterungsgruppen. Allerdings wurde tendenziell die Handfütterung geringfügig besser bewertet. Eine unmittelbare Reaktion auf das Fressverhalten der Fische war nur bei erstgenannter Methode möglich, was sich wahrscheinlich positiv auf die Menge des nicht aufgenommenen Futters auswirkte.

Während der Untersuchung kam es bei beiden Fischarten innerhalb der Gruppen zu äußerst heterogenen Wachstumsleistungen in den einzelnen Aufzuchtphasen. Obwohl zwi-

schen den Gruppen durchaus unterschiedliche Wachstumsraten ermittelt werden konnten, verlief die Entwicklung der spezifischen Wachstumsraten während der Aufzucht in allen Gruppen gleich. Dies verdeutlicht, dass nicht allein die Futtermittel für den teilweise untypischen Verlauf der Zuwachsraten verantwortlich gemacht werden können.

Einen erwarteten Verlauf wiesen die handgefütterten Bachforellen auf. Mit zunehmender Fischgröße nahm ihre Wachstumsrate beständig ab, nur Gruppe A-Bio wies für den letzten Aufzuchtabschnitt (Phase III) eine ansteigende Wachstumsrate auf. Dagegen entsprachen die Wachstumsraten der automatengefütterten Bachforellengruppen (A) in Phase II den Raten der Phase I, erst in Phase III kam es zu einem Absinken der Raten. Die stagnierenden Werte der Phase II sprechen für Adaptationsschwierigkeiten der Bachforellen bei Automatenfütterung zu Beginn der Aufzucht. Möglich ist, dass die Futtergaben aufgrund eines fehlenden Schlüsselreizes (manuelle Fütterung) am Anfang zu spät von den Bachforellen registriert wurden. Erst im weiteren Versuchsverlauf lösten die Futtergaben der Automaten einen Schlüsselreiz bei den Forellen aus. Dies führte dann in der zweiten Aufzuchtphase (II) zu einem kompensatorischen Wachstum der automatengefütterten Fütterungsgruppen und damit zu vergleichsweise höheren spezifischen Wachstumsraten. Unabhängig von der Art der Fütterung fiel in Phase III die Wachstumsleistung aller Fütterungsgruppen stark ab. Dies war das Resultat eines stark reduzierten somatischen Wachstums, das einerseits eine maßgebliche Verringerung der Futteraufnahme zur Folge hatte. Dagegen wurde andererseits in diesem Zeitraum das gonadosomatische Wachstum verstärkt und zahlreiche Forellen erreichten ihre Geschlechtsreife.

Einen völlig anderen Verlauf der spezifischen Wachstumsraten zeigten die Seesaiblinge. Unabhängig von der Art der Fütterung verfügten sie über nahezu identische Verläufe und wiesen nur geringe Raten für Phase I auf, während in Phase II die täglichen Wachstumsleistungen deutlich anstiegen. Besonders eklatant war der anschließende Abfall der Raten in Phase III. Diese Verläufe erscheinen für die Aufzucht von Salmoniden absolut ungewöhnlich, können aber mit der Aufzuchthistorie der Seesaiblinge erklärt werden. Die geringe Wachstumsleistung in Phase I ist wahrscheinlich das Ergebnis einer langanhaltenden Adaptationsproblematik. Die für die Seesaiblingserzeugung äußerst geringe Besatzdichte und die Auswahl von Nachzuchten eines Wildbestandes gelten als wahrscheinlichste Begründung für diese langwierige Adaptationsphase. Dadurch kam es in Phase II zu einem starken kompensatorischen Wachstum. Auch Miglavs und Jobling (1989) und Jobling et al. (1993b) stellten ein starkes kompensatorisches Wachstum nach Fastenperioden fest. In Phase III erreichten nahezu alle Seesaiblinge, unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit, die Geschlechtsreife. Mit dem Eintritt in die Geschlechtsreife reduzierte sich die Futteraufnahme sehr stark und das gonadosomatische Wachstum nahm zu. Dadurch kam es in Phase III nur zu einer sehr geringen Gewichtszunahme.

7.1.6 Futterverwertung

Äquivalent zur Wachstumsleistung entwickelte sich die Futterverwertung der Bachforellen. Über den gesamten Versuchsverlauf lag der Futterquotient aller Gruppen geringfügig bis moderat in einem für moderne, extrudierte Hochenergie-Futtermittel akzeptablen Bereich (Schäperclaus und Lukowicz 1998). Besonders in den ersten beiden Aufzuchtphasen wurde eine sehr gute Futterverwertung erreicht ($< 1,0$). In der letzten Phase (III) kam es zu einer reduzierten Futteraufnahme und verstärkter Gonadenentwicklung, was zum unverhältnismäßigen Anstieg der Futterquotienten aller Fütterungsgruppen führte. Dieser Trend wurde sowohl bei der Hand- als auch bei der Automatenfütterung beobachtet. Automatengefütterte Gruppen hatten einen höheren Futterquotienten als die handgefütterten Grup-

pen. Aufgrund des nicht vorhersehbaren Fressverhaltens war es notwendig, die Automatenfütterung der Bachforellen vor dem anvisierten Ende des Versuches zu beenden und die Fische von Hand weiter zu füttern.

Während die Futterverwertung der Bachforellen annähernd praxisübliche und wirtschaftlich tragfähige Werte erreichte, war die Aufzucht der Seesaiblinge durch deutlich schlechtere Zahlen gekennzeichnet. Mit Futterquotienten von 2,0 bis 3,6 war die Aufzucht von einer ungenügenden Verwertung der angebotenen Futtermittel geprägt. Obwohl auch schon die ersten beiden Phasen durch eine schlechte Futterverwertung gekennzeichnet waren, wurde dies besonders in der letzten Aufzuchtphase (III) deutlich. Mit dem Einsetzen der Geschlechtsreife verweigerten die Seesaiblinge zunehmend die Futteraufnahme, und daraus folgten nur noch geringe Zuwachsraten, da die meiste Nahrung entweder in das gonadosomatische Wachstum investiert oder aber für den Grundstoffwechsel katabolisiert wurde. Daneben führten weiterhin der Ausbruch der Furunkulose und das daraus resultierende Stressgeschehen zu einer schlechten Futterverwertung. Wie auch bei den Bachforellen festgestellt werden konnte, war die Futterverwertung bei den automatengefütterten Gruppen geringfügig schlechter. Dies kann nur mit Futterverlusten durch ein nicht optimal angepasstes Fütterungsregime erklärt werden und bekräftigt die Notwendigkeit einer individuellen Fütterung mit visueller Kontrollmöglichkeit, zumindest in bestimmten Lebensabschnitten.

7.1.7 Geschlechtsreife

Sowohl eine große Anzahl der Bachforellen als auch die die Mehrzahl der Seesaiblinge erreichten zum Ende der Aufzucht die Geschlechtsreife. Mit dem Eintritt in die Geschlechtsreife reduzierten beide Fischarten ihr somatisches Wachstum zugunsten des gonadosomatischen Wachstums. Daneben wurde ab diesem Zeitpunkt generell weniger Nahrung aufgenommen. Dies machte sich in erster Linie durch ein Ansteigen der Futterquotienten und einer Verringerung der spezifischen Wachstumsraten bemerkbar.

Bei der Untersuchung der Gonadenentwicklung der Bachforellen zeigten sich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Fütterungsgruppen. Sehr wohl ergaben sich aber geschlechtsspezifische Unterschiede: Nahezu alle männlichen Bachforellen erreichten bis zum Ende der Aufzucht die Geschlechtsreife (> 90 %). Dagegen war der Anteil an geschlechtsreifen weiblichen Tieren nur gering. Eine Ausnahme bildete die Gruppe D-Konv (konventionelles Futtermittel), bei der ein geringerer Anteil geschlechtsreifer Bachforellen gefunden wurde. Dies kann aber nicht durch das verwendete Futtermittel erklärt werden, vielmehr wurden für die Untersuchung der Körperzusammensetzung bei Gruppe D-Konv kleinere Fische verwendet. Diese hatten wahrscheinlich bei der Versuchsbeendigung die Geschlechtsreife noch nicht erreicht. Insgesamt entsprechen die Resultate den praktischen Erfahrungen, wobei männliche Bachforellen zumeist im zweiten Jahr geschlechtsreif werden, wohingegen die weiblichen Tiere überwiegend erst im dritten Jahr Laich ausbilden.

Im Gegensatz zu den Bachforellen ergab die Begutachtung der Seesaiblinge bei männlichen und weiblichen Tieren einen sehr hohen Anteil geschlechtsreifer Fische (90 und 88 %). Dies war sowohl von den Futtermitteln als auch der Art der Futterverabreichung unabhängig. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass gerade auch für die Produktion unter den Bedingungen eines ökologischen Anbauverbandes Fischstämme zum Einsatz kommen sollten, die erst zu einem späten Zeitpunkt die Geschlechtsreife erreichen (Spätreife). So könnten die durch eine frühzeitige Gonadenreifung hervorgerufenen wirtschaftlichen Nachteile (gonadosomatisches Wachstum, Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale, Aggression, verringerte Appetanz, ansteigende Verluste) vermieden werden.

7.1.8 Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung kann Hinweise auf die Kondition der Fische geben. Eine gute Kondition ist somit Ausdruck einer optimalen Aufzucht. Die Kondition kann von dem Ernährungszustand der Fische abgeleitet werden. Dieser kann einerseits über die Körperzusammensetzung, andererseits durch den Korpulenzfaktor bestimmt werden. Die Körperzusammensetzungen der beiden Fischarten wiesen kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen Fütterungsgruppen auf. Die Bachforellen verfügten über eine geringfügig höhere Schlachtkörperausbeute (durchschnittlich 88 % gegenüber 86 % bei den Seesaiblingen), was hauptsächlich auf die weiter vorangeschrittene Geschlechtsreife der Seesaiblinge zurückzuführen war. Mit mittleren Werten von 3-5 % war der Gonadenanteil am Gesamtgewicht der Bachforellen geringer, als bei den Seesaiblingen mit durchschnittlichen Werten von 6-9 %. Dabei war die weiter vorangeschrittene Geschlechtsreife der weiblichen Seesaiblinge für letztgenannte hohe Werte verantwortlich. Ähnliche Mittelwerte geben auch Hatlen et al. (1995) bei geschlechtsreifen Seesaiblingen an, wobei der Gonadenanteil der Rogener etwa 20 % am Gesamtgewicht betragen kann (Gillet und Breton 1992). Die Filetausbeute mit und ohne Haut entsprach den praxisüblichen Werten einer konventionellen Produktion. Insgesamt entsprach die Zusammensetzung des Schlachtkörpers der Seesaiblinge den Ergebnissen von Reiter (1999, 2000), der bei zweisömmerigen Fischen eine Schlachtkörperausbeute von ca. 88 % und eine Filetausbeute (mit Haut) von fast 51 % ermittelte. Die Korpulenz der Fische war bei allen Gruppen, sowohl bei Bachforellen, als auch bei Seesaiblingen, nahezu gleich. Dies zeigt, dass alle Futtermittel den ernährungsphysiologischen Ansprüchen von Salmoniden bei einer Endmast entsprachen.

7.2 Qualitätsuntersuchung

Im Bereich der Qualitätsuntersuchungen konnten die Zielvorgaben des Arbeitsplanes zur Untersuchung der Bachforellen und Seesaiblinge am Max Rubner-Institut im Wesentlichen eingehalten werden. Ermittelt wurden u. a. die biologischen Parameter, die Grund- und Fettsäurezusammensetzung und der Anteil an freien Aminosäuren von repräsentativen Proben. Neben den traditionellen chemischen Methoden zur Qualitätsbestimmung kamen auch die Sensorik von Koch- und Räucherproben, Textur- und Farbmessungen und die Aroma-Profilanalyse mit der elektronischen Nase zum Einsatz.

7.2.1 Futtermittel

Die Analyse der eingesetzten Futtermittel ergab eine unterschiedliche Zusammensetzung. Futter B hatte mit 18 % den geringsten Fettgehalt, die beiden anderen Ökofutter waren mit etwa 25 % sehr ähnlich. Aufgrund der verschiedenen Nährwerte der Futtermittel kam es in den Gruppen zu unterschiedlichen Zuwachseleistungen. Durch die Sortierungen der Fische und ein Anpassen an relativ uniforme Schlachtgrößen konnte diesem Effekt entgegengewirkt werden. Die Unterschiede im Fettsäurespektrum der Bio- im Vergleich zum konventionellen Futtermittel sind durch die Zusammensetzung der Futtermittel erklärbar. Nach Herstellerangaben enthielten die Biofutter zwischen 66 und 80 % Fischmehl/-öl, während das konventionelle Futter nur ca. 30 % Fischmehl/-öl, dafür aber deutlich höhere pflanzliche Anteile beinhaltete. Die verschiedenen Chargen aller Futtermittel unterschieden sich in ihrer Fettsäurezusammensetzung, obwohl die Fettgehalte (mit Ausnahme Futter B) nahezu identisch waren. Besonders gravierend waren die Unterschiede zwischen den beiden für die Aufzucht von Bachforellen und Seesaiblingen eingesetzten konventionellen Futtermitteln. Obwohl diese einheitlich deklariert waren, deuten die unterschiedlichen Fett-

säurezusammensetzungen auf einen deutlich höheren Anteil an pflanzlichen Fetten im zweiten Durchgang mit Seesaiblingen hin.

7.2.2 Zusammensetzung des essbaren Anteils

Allgemein beeinflusst die Zusammensetzung der Nahrung die Körperzusammensetzung der Fische und damit auch ihre Qualität. Auch die aufgenommene Futtermenge und damit die Größe der Fische beeinflussen die Zusammensetzung. Wohl genährte Fische speichern Fett als Energiereserve. Die Wachstumsleistungen innerhalb der Bachforellen-Gruppen variierten stark, so dass die Größenunterschiede für eine Handelsware zu groß gewesen wären. Es war notwendig, die Schlachtgröße der Fische an die kleinstwüchsige Gruppe anzupassen (Gruppe B-Bio), um eine uniforme Ausgangslage für die Analyse zu bewerkstelligen. Der Proteingehalt variierte bei Fischen nur in einem sehr engen Bereich denn im Gegensatz zum Fett ist bei Forellen eine zusätzliche Speicherung von Proteinen ist nicht möglich. Daher wurde der Proteingehalt der Fische von den unterschiedlichen Futtermitteln nicht beeinflusst. Sowohl die mit konventionellem Futter ernährte Gruppe D-Konv, als auch die Biofuttermittelgruppen verfügten über annähernd gleiche Proteingehalte. Auch zwischen den Bachforellen und den Seesaiblingen gab es keine großen Unterschiede. Die Protein-, Mineralstoff- und Wassergehalte aller untersuchten Bachforellen lagen im üblichen Bereich für Zuchtforellen und entsprachen einer guten Handelsqualität. Der mittlere Fettgehalt, der die sensorischen Eigenschaften entscheidend beeinflussen kann, entsprach bei allen Fütterungsgruppen mit Durchschnittswerten zwischen 5,5 % und 6,9 % typischen Gehalten aus der Praxis. Die höchsten Fettgehalte im Forellenfleisch wurden bei der Automatenfütterung mit konventionellem Futter (D-Konv (A)) festgestellt, obwohl das Futter nur einen durchschnittlichen Fettanteil von rund 23 % hatte. Allerdings verhinderten die großen Schwankungen der Fettgehalte innerhalb der Gruppen, daraus systematische Aussagen abzuleiten. Im Vergleich mit den Ökoforellen gab es nur unterschiedliche Einzelbefunde. Sie können jedoch nicht als generelle Feststellung auf die Futtermittel zurückgeführt werden. Bei der Qualitätsuntersuchung zeigten die Fettgehalte im Forellenfleisch keinen systematischen Einfluss der verschiedenen Fütterungsstrategien.

In der Literatur sind nur wenige Informationen über die Zusammensetzung des essbaren Anteils von Seesaiblingen aus Aquakulturanlagen verfügbar. Daher werden die Ergebnisse im Folgenden im Vergleich zur Zusammensetzung von Zuchtforellen diskutiert. Die Protein-, Mineralstoff- und Wassergehalte der essbaren Anteile aller untersuchten Seesaiblinge lagen in einem Bereich, der auch den Angaben anderer Autoren entspricht. So gibt Reiter (1999) im Filet von schlachtreifen Seesaiblingen einen Rohproteingehalt von 19 % und einen Rohascheanteil von 1,3 % an. Klinkhardt (2000) berichtet von einem Rohproteingehalt von 20,2 % und einem Rohaschegehalt von 0,7 %. Auch die für die Produktqualität relevanten Fettgehalte entsprechen bei allen Fütterungsgruppen mit Durchschnittswerten zwischen 5,8 % und 8,1 % den Angaben der vorgenannten Autoren. Allerdings traten wie bei den Bachforellen innerhalb der verschiedenen Fütterungsgruppen deutliche Schwankungen zwischen den Individuen auf. So wurden z. B. bei den 10 Seesaiblingen der Gruppe B-Bio (H) Fettgehalte im Muskelfleisch zwischen 3,9 % und 8,9 % gefunden. Die mit dem Ökofutter B-Bio aufgezogenen Seesaiblinge hatten im Mittel die niedrigsten Fettgehalte im Filet, was auf den geringeren Fettgehalt im Futter zurückzuführen ist. In der Grundzusammensetzung konnten jedoch aufgrund der hohen individuellen Schwankungen innerhalb der einzelnen Fütterungsgruppen keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Begründet werden können die heterogen verteilten Werte auch durch unterschiedliche Stadien der Gonadenreifung. Nach Hatlen et al. (1998) unterscheidet sich die chemische Körperzusammensetzung laichreifer Seesaiblinge von der nicht laichreifer

Individuen hinsichtlich des Wassergehaltes, der eine Reduzierung der prozentualen Anteile von Rohprotein und Rohfett zur Folge hat. Der Vergleich der Zusammensetzung von Ganzkörper und Filet verdeutlicht, dass hohe Anteile von Fett in der Leibeshöhle an und in den Organen angelagert wurden. Hinzu kommt, dass mit Eintritt der Geschlechtsreife verstärkt Fette für die Entwicklung der Gonaden herangezogen werden. Dies wird besonders deutlich bei Gruppe B-Bio, bei der der höchste Anteil geschlechtsreifer Seesaiblinge und der höchste Fettanteil in den Innereien und Gonaden nachgewiesen wurden.

7.2.3 Fettsäurezusammensetzung

Wie bei der Verwendung gleicher Futtermittel zu erwarten war, waren innerhalb einer Fütterungsgruppe keine Unterschiede im Fettsäurespektrum festzustellen. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Rohfettfraktion differierten alle Futtermittel erheblich in ihrem Fettsäurespektrum. Diese Feststellung relativierte sich jedoch im Endprodukt: Die Gehalte an den essentiellen n-3-Fettsäuren EPA und DHA waren im Muskelfleisch aller drei Bio-Futtergruppen der Bachforellen nahezu gleich, so dass von einer selektiven Anreicherung auszugehen ist, da die Anteile der analysierten Gesamt-n-3-Fettsäuren (α -Linolen- (ALA), Eicosapentaen- (EPA) und Docosahexaensäure (DHA)) im Futter unterschiedlich waren. Dies gilt insbesondere für die langkettige, mehrfach ungesättigte DHA, die bevorzugt im Filet nachgewiesen wurde. Unklar ist aber, ob es zu einer verstärkten Speicherung dieser Fettsäure aus der Nahrung kam, oder ob die Fische zur Kettenelongation anderer n-3-Fettsäuren (ALA, EPA) befähigt waren. Während marinen Fischen die notwendige Enzymausstattung zur Modifikation von ALA zu fehlen scheint, da die Versorgung mit langkettigen n-3-Fettsäuren durch die Nahrung ausreichend gesichert ist, werden in Forellen (Regenbogenforellen) bis zu 70 % der ALA in DHA umgewandelt (Castell et al. 1972).

Die Fettsäuremuster aller drei mit Öko-Futter aufgezogenen Seesaiblingsgruppen waren ebenfalls nahezu gleich, unterschieden sich allerdings deutlich von den Fettsäuremustern der Bachforellen. Die Summe der essentiellen langkettigen n-3-Fettsäuren DHA+EPA variierte zwischen 0,8 und 1,4 g/100g Seesaiblingsfilet. Die empfohlene tägliche Zufuhrmenge an \sum DHA+EPA sollte ca. 0,6-1,0 g betragen. Damit reichen 100 g Seesaiblingsfleisch täglich aus, um die benötigte Menge abzudecken. Im Vergleich erzielten die mit den gleichen Futtermitteln aufgezogenen Bioforellen mit 1,4-1,7 g \sum DHA+EPA pro 100 g deutlich höhere n-3-Fettsäuregehalte.

7.2.4 Anteil freier Aminosäuren

Wie bei den Fettsäuren gab es auch hier auf Grund der Verwendung gleicher Futtermittel innerhalb der Gruppen keine Unterschiede.

Die Anteile an freien und essentiellen Aminosäuren waren bei allen Bachforellen und Seesaiblingen vergleichbar. Größere Unterschiede zwischen den Futtergruppen waren nicht feststellbar. Deutlich unterschieden sich dagegen die Tauringehalte der Bachforellen und der Seesaiblinge. Der Tauringehalt der Seesaiblinge lag zwischen 0,4 und 0,5 g/kg Fleisch, wobei kein Unterschied zwischen den konventionell und ökologisch aufgezogenen Seesaiblingen bestand. Alle Bio-Forellen hatten einen doppelt so hohen Tauringehalt von 1,1-1,4 g/kg Fleisch, während die konventionell gefütterten Forellen deutlich geringe Gehalte aufwiesen. Taurin ist eine Aminosäure, die nicht in Proteine eingebaut wird, sondern in freier Form ausschließlich in tierischen Geweben vorliegt. Sie ist von großer Be-

deutung für die Entwicklung des Gehirns und der Netzhaut von Säuglingen und Kleinkindern.

7.2.5 Selen

Selen ist ein essentieller Mikronährstoff. Es gibt aktuelle Studien, nach denen es eine Schutzwirkung gegen bestimmte Krebserkrankungen haben soll (Bjelakovic et al. 2004). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt eine tägliche Aufnahme von 30-70 µg (DGE 2011). Die Selengehalte innerhalb der verschiedenen Lebensmittelgruppen variieren beträchtlich. Dies gilt auch für Fisch. Die grundsätzliche Feststellung, dass es sich hier um ein Nahrungsmittel mit einem bedeutenden Selengehalt handelt, das eine wichtige Quelle für die Versorgung bilden kann, wird dadurch jedoch nicht in Frage gestellt. Die Selenverbindungen im Fisch sind von hoher Bioverfügbarkeit (Fox et al. 2004). Handelsübliche Seefischarten haben im Durchschnitt 0,4 mg/kg Selen im Muskelfleisch, die natürliche Spanne reicht von etwa 0,2-0,8 mg/kg (Oehlenschläger 1990). Süßwasserfische sind vergleichbar. Die Selengehalte von Fischen aus der Aquakultur können über das Futter beeinflusst werden. Dies ist abhängig von der Fütterungsdauer und der Höhe der Gehalte. Alle eingesetzten kommerziellen Bio- und konventionellen Futtermittel hatten Selengehalte im üblichen Bereich (Måge et al. 2010). Das konventionelle Futter D-Konv enthielt den geringsten Anteil, möglicherweise, weil es den höchsten pflanzlichen Anteil hatte. Die Forellen aus dieser Gruppe hatten zwar auch den niedrigsten durchschnittlichen Gehalt im Muskelfleisch, diese Feststellung konnte jedoch nicht statistisch untermauert werden. Alle Gruppen, die mit Bio-Futtermitteln gefüttert wurden, hatten sehr ähnliche Werte. Es gab keine Unterschiede zwischen Hand- und Automatenfütterung. Die Werte für die Seesaiblinge lagen beim konventionellen Futtermittel (D-Konv) ebenfalls im niedrigen Bereich. Nur Futtermittel C-Bio bewirkte geringere Gehalte im Muskelfleisch. Obwohl die Selengehalte in den Saiblingen etwas höher waren, sind die Auswirkungen der Futterzusammensetzung insgesamt gesehen nicht sehr erheblich. Die Gehalte von durchschnittlich 0,1 bis 0,2 mg/kg sind niedriger als im Seefisch, aber vergleichbar mit anderen Süßwasserfischen aus der Aquakultur wie z. B. Karpfen (*Cyprinus carpio*) oder Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*).

7.2.6 Sensorische Qualität

Sensorisch wurden keine Unterschiede durch den Einsatz verschiedener Futtermittel und die verschiedenen Fütterungsstrategien festgestellt. Alle gegarten Filets waren grundsätzlich saftig und von ansprechender Konsistenz. Der Geschmack war rein und typisch für die Fischart, wobei die Saiblinge beim Attribut „aromatisch“ im Vergleich zu den Bachforellen deutlich höher bewertet wurden. Während es bei den Bachforellen mit A-Bio (H) eine Gruppe gab, die insgesamt etwas schlechter beurteilt wurde, gab es bei den ebenfalls mit dem Biofutter A-Bio gefütterten Seesaiblingen (A-Bio (H)) keine Auffälligkeiten.

Auch die instrumentell bestimmten Parameter (Texturmessung/ Farbe/ Aromaprofil) ließen keinerlei Rückschlüsse auf systematische Unterschiede zu. Weder bei dem konventionellen Futter noch bei den ökologischen Futtermitteln zeigten sich gesicherte Einflüsse beim Vergleich Hand- zu Automatenfütterung. Die Unterschiede bei der instrumentell bestimmten Textur und Wasserbindung bei der Bachforellenaufzucht zwischen der Hand- und Automatenfütterung bei der Fütterungsgruppe C-Bio wurden bei den Seesaiblingen nicht bestätigt.

Literaturverzeichnis

- ALMAIDA-PAGAN, R., HERNANDEZ, M.D., GARCIA, B.G. (2007): Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. *Aquaculture* 272: 589-598
- ANTOINE F.R. et al. (1999): HPLC Method for Analysis of Free Amino Acids in Fish Using *o*-Phthaldialdehyde Precolumn Derivatization. *J. Agric. Food Chem.* 47, 5100-5107
- ASHLEY, P.J. (2006): Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104: 199-235
- BAKER R.F., AYLES G.B. (1986): Effects of temperature, size and rations on the growth of strains of Arctic charr in intensive aquaculture. *Aquaculture* 57: 360-365
- BAUER, C. (2001): Klinische, hämatologische und klinisch-chemische Untersuchungen zur subakuten Toxizität von Nonylphenol bei Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) und Spiegelkarpfen (*Cyprinus carpio* L.), PhD Dissertation
- BIESTER, G. (1986): Leistungsvergleich zwischen Bachforellen (*Salmo trutta f. fario* L.) und Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* R.) unter Feld- und Stationsbedingungen. Diss. Universität Göttingen, 141 S.
- BJELAKOVIC G. et al. (2004): Antioxidant supplements for prevention of gastrointestinal cancers: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 364, 1219-1228
- BOHL, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, ISBN 3-7690-0543-0
- BRANNAS E., LINNER J. (2000): Growth effects in Arctic charr reared in cold water: feed frequency, access to bottom feeding and stocking density. *Aquaculture International* 8: 381-389
- BRETT, J.R. (1979): Environmental factors and growth. In: *Fish Physiology*, VIII, (eds W.S. Holar, D.J. Randall, J.R. Brett) Academic Press: London. Pp. 599-675
- BRINKER A., REITER R. (2011): Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. *Aquaculture* 310: 350-360
- BROWN G.E., BROWN J.A., SRIVASTAVA R.K. (1992): The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), *Journal of Fish Biology* 41: 995-963
- CASTELL, J.D., SINNHUBER, R.O., LEE, D.J. , WALES, J.H. (1972): Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Physiological symptoms of EFA deficiency. *J. Nutr.* 102, 87-92.
- COWEY, C.B., SARGENT, J.R. (1977): Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 57B: 269-273.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (2000): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus GmbH, Verlagsgesellschaft, Frankfurt.

- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (2011): Die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. www.dge.de
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTWISSENSCHAFT (2000): Gaschromatographische Bestimmungen der Fettsäuremethylester. DGF Einheitsmethode C-VI 10a.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTWISSENSCHAFT (1998): Fettsäuremethylierung. DGF-Einheitsmethode C-VI 11d.
- DREW M.D., BORGESONA T.L., THIESSENA D.L. (2007): A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology* 138: 118-136
- EIMER, S. (2006): Alternative Fütterungsmethoden in der Mast von Regenbogenforellen. Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München, 97 S.
- FARKAS, T., CSENGERI, I., MAJOROS, F., OLAH, J. (1980): Metabolism of fatty acids in Fish. III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Cyprinus carpio* L. 1758. *Aquaculture*, 20, p. 29-40.
- FEY, D., REITER, R. (2010a): Neue Erkenntnisse über Verhalten und Abwehr Fisch fressender Tiere in Forellenteichanlagen. Teil 1: Graureiher. *Fischer und Teichwirt* 61: 128-130
- FEY, D., REITER, R. (2010b): Neue Erkenntnisse über Verhalten und Abwehr Fisch fressender Tiere in Forellenteichanlagen. Teil 2: Fuchse. *Fischer und Teichwirt* 61: 173-176
- FISHWELFARE (2008): Internet Referenz: Projects - Stocking Density, LINK Aquaculture Sal 18 und Defra AW1203, at: www.fishwelfare.net/projects/stocking-density.php
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2008): The state of world fisheries and aquaculture 2008. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division FAO, Rome, ISBN 978-92-5-106029-2
- FOX et al. (2004): Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: a comparative study in humans using stable isotopes. *European Journal of clinical nutrition* 58: 343-349
- FRANCIS, G., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. (2001): Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227
- GARDNER J.W., BARTLETT P.N. (1999): *Electronic Noses. Principles and Applications.* Oxford University Press. New York.
- GILLET, C., BRETON, B. (1992): Research work on Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in France-broodstock management. *Búvísindi, Icel. Agr. Sci.* 6: 25-45.
- GLEBE, B.D., TURNER, T. (1993). Alternate commercial rearing strategies for Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.). *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 93, 2-9.
- GAYLORD, G., RAWLES, S.D., GATLIN, D.M. (2004): Amino acid availability from animal, blended, and plant feedstuffs for hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition* 10: 345-352
- HATLEN, B., AAS, G.H., JØRGENSEN, E.H., STOREBAKKEN, T., GOSWAMI, U.C (1995): Pigmentation of 1,2 and 3 year old Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed two different dietary astaxanthin concentrations. *Aquaculture* 138: 303-312.

- IFOAM (2009): Internet Referenz: International Federation of Organic Agriculture Movements, at: <http://www.ifoam.org>
- JOBLING, M., JØRGENSEN, E.H., ARNESEN, A.M., RINGØ, E. (1993a): Feeding, growth, and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* 1: 20-46.
- JOBLING, M., JØRGENSEN, E.H., SIIKAVUOPIO, S.I. (1993b): The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.* 43: 409-419.
- JOHNSTON, G. (2002). Arctic Charr Aquaculture, 1st edn. Oxford: Blackwell Publishing.
- JØRGENSEN, E.H., CHRISTIANSEN, J.S., JOBLING, M. (1993): Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Aquaculture* 110: 191-204
- KARL, H., HILGE, V. (2004): Qualitätsvergleich von Regenbogenforellen aus konventioneller und ökologisch zertifizierter Aufzucht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Bioforellen. BLE-Studie 02OE007, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg, 69 S.
- KLEIBER, M. (1967): Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier. Hamburg: Parey Verlag
- KLINKHARDT, M. (2000): Wandersaibling (*Salvelinus alpinus*) *FischMagazin*, Heft 9: 79-83.
- LARSSON, S., BERGLUND, I. (2005): The effect of temperature on the energetic growth efficiency of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) from four Swedish populations. *Journal of Thermal Biology* 30, 29-36.
- LIEDER, U. (1978): Über Wachstumsberechnungen an Fischbeständen unter industriemäßigen Produktionsbedingungen. *Z. Binnenfischerei DDR* 25 (12): 368-372.
- LIN, H.Z., LIU, Y.J., HE, J.G., ZHENG, W.H., TIAN, L.X. (2007): Alternative vegetable lipid sources in diets for grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton): effects on growth, and muscle and liver fatty acid composition. *Aquaculture Research* 38: 1605-1611
- LUND, V., MEJDELL, C.M., RÖCKLINSBERG, H., ANTHONY, R., HASTEIN, T. (2007): Expanding the moral circle: farmed fish as objects of moral concern. *Diseases of Aquatic Organisms* 75: 109-118
- LOCHMANN, R., KUMARAN (2006): Effect of practical diets with animal or vegetable protein sources and poultry oil or Menhaden fish oil on adult fathead minnow in tanks. *North American Journal of Aquaculture* 68: 281-286
- LYYTIKÄINEN, T., JOBLING, M. (1999). Effects of thermal regime on energy and nitrogen budgets of an early juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from Lake Inari. *Environmental Biology of Fishes* 54, 219-227.
- MÅGE, A. et al. (2010): Årsrapport 2008 og 2009 overvåkingsprogram for fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr
- MANTHEY-KARL, M. (2008): Forellen räuchern. Herstellung, Qualität, Hygiene – worauf kommt es an? DLG-Verlag, Frankfurt, 47 S.
- MANTHEY-KARL, M., HILGE, V. (2007): Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und

- konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungsanweisung für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe. BLE-Studie 02OE007/F2, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel und Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg, 86 S.
- MANTHEY-KARL, M., KARL, H., LEHMANN, I., MEYER, C., OSTERMEYER, U., REHBEIN, H. (2007): Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungsanweisung für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe - BLE 02OE007/F 2 – Abschlussbericht eines Projektes aus dem Bundesprogramm „Ökologischer Landbau“
- MIGLAVS, I., JOBLING, M. (1989): Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. J. Fish Biol. 34: 947-957.
- MOHANTA, K.N., MOHANTY, S.N., JENA, J., SAHU, N.P. (2007): Effect of different oil cake sources on growth, nutrient retention and digestibility, muscle nucleic acid content, gut enzyme activities and whole-body composition in silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. Aquaculture Research 38: 1702-1713
- MORKRAMER, S., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., LANGHOLZ, H.-J. (1985): Comparison of different European rainbow trout populations under intensive production conditions. Aquaculture, 44: 303-320.
- MÜLLER-BELECKE, A., ZIENERT, S. (2006): Aufzucht von Streifenbarschhybriden in der Aquakultur. Schriften des Institutes für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Band 20
- NATURLAND (2008): Naturland Richtlinien für die ökologische Aquakultur
- NIEUWEGIESSEN, P.G. VAN DE, SCHRAMA, J.W., VERRETH, J.A.J. (2005a): The effects of stocking density on performance, physiological and behavioural responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) - 10-100 gram. Wageningen : Wageningen Universiteit, Lsg Aquacultuur en Visserij 22
- NIEUWEGIESSEN, P.G. VAN DE, SCHRAMA, J.W., VERRETH, J.A.J. (2005b): The effects of stocking density on performance, physiological and behavioural responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) - 100-300 gram. Wageningen: Wageningen Universiteit, Lsg Aquacultuur en Visserij 23
- NIEUWEGIESSEN, P.G. VAN DE, SCHRAMA, J.W., VERRETH, J.A.J. (2006): The effects of stocking density on performance, physiological and behavioural responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) - 1000-1500 gram. Wageningen : Wageningen Universiteit, Lsg Aquacultuur en Visserij 20
- OEHLENSCHLÄGER, J. (1990): Selengehalte im Muskel von Seefischen aus dem nordöstlichen Atlantik. Inf. für die Fischwirtschaft 85-87
- OGUNJI, J., TOOR, S., SCHULZ, C., KLOAS, W. (2008): Growth Performance, Nutrient Utilization of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Housefly Maggot Meal (Magmeal) Diets, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science, 8: 141-147.
- PEREIRA DE AZAMBUJA, T., REITER, R. (2005a): Produktion von Forellen nach Vorgaben von Ökoverbänden unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und Fleischqualität. Fischer und Teichwirt 56: 408-410.

-
- PEREIRA DE AZAMBUJA, T., REITER, R. (2005b): Produktion von Forellen nach Vorgaben von Ökoverbänden unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und Fleischqualität. *Aquakultur und Fischereieinrichtungen AUF AUF*. Heft 2: 3-7
- PEREIRA DE AZAMBUJA, T., REITER, R. (2006): Produktion von Forellen nach Vorgaben von Ökoverbänden, *LfL Schriftenreihe*, ISSN 1611-4159
- REITER, R. (1999): Vergleich von Seesaiblingen und Elsässer Saiblingen bezüglich Wachstum, Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischfärbung. *Jahresbericht der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei Starnberg*: 25-26.
- REITER, R. (2000): Aus der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei: Fortbildungsveranstaltung für Fischhaltung und Fischzucht. *Fischer und Teichwirt* 51: 219-221.
- REITER, R. (2006a): Untersuchungen zur Leistung und Wasserbelastung von ökologischen und konventionellen Forellenfuttermitteln, In: *Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Institut für Fischerei, Jahresbericht 2005*. Starnberg: 16–17
- REITER, R. (2006b): Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils zweier Herkünfte des Seesaiblings und des Bachsaiblings sowie ihrer Kreuzungen. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 19 (2006), ISSN 1611-4159, 194 S.
- REITER, R. (2009): Produktion von Biofischen. *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbau-Tag 2009, LfL-Schriftenreihe 7/2009*, Freising: 17–25.
- SARGENT J.R, HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R. (1989): The lipids. In : Halver, J.E. (ed.) *Fish nutrition*. 2. Auflage, Academic Press, San Diego, New York.
- SCHÄPERCLAUS, W., v LUKOWICZ, M. (1998): *Lehrbuch der Teichwirtschaft*, 4., neubearbeitete Auflage. ISBN 3-8263-8248-X
- SCHMIDT, G., WEDEKIND, H. (2008): Dry Feed Adaption and Rearing of one-year old Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) fed with dry feed with varying oil supplementation. *Tagungsband Percid Fish Culture, Namur*: 130–131
- SCHMIDT, G., WEDEKIND, H., WIRTH, M. (2006): A comparative study on the fingerling quality of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed with dry feeds with varying oil supplementation. *Aqua 2006, Linking Tradition and Technology – Highest Quality for the Consumer*, 09.-13. Mai 2006, Florenz, Italien: 883
- SCHUBRING, R. (2006): Veränderungen der Farbe und thermischen Stabilität der Muskelproteine von Räucherforellen während der Kühlung. *Inf. Fischereiforsch.* 53: 52-58
- SIEGMUND B., PFANNHAUSER W. (1998): Die elektronische Nase – Eine neue Technik in der Lebensmittelsensorik. *Ernährung* 22(4), 154-157.
- SIKAVUOPIO, S.I., JOBLING, M. (1995): The effects of stocking density on survival and growth of wild-caught Arctic charr. *Nordic Journal of Freshwater Research* 71: 419-423
- SMEDES F. (1999): Determination of total lipid using non-chlorinated solvents. *Analyst* 124, 1711- 1718.
- SMOLA K.H.W. (2008): “Trendbild” Artikel
- STEFFENS, W. (1985): *Grundlagen der Fischernährung*. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.

- THU, T.T.N., PARKOUDA, C., DE SAEGER, S., LARONDELLE, Y., ROLLIN, X. (2007): Comparison of the lysine utilization efficiency in different plant protein sources supplemented with L-lysine center dot HCl in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Aquaculture*, Volume 272: 477-488
- WALLACE, J.C., KOLBEINSHAVN, A.G., REINSNES, T.G. (1988): The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* 73, Issue: 101-110
- WEDEKIND, H. (1991): Untersuchungen zur Produktqualität Afrikanischer Welse (*Clarias gariepinus*) in Abhängigkeit von Herkunft, Fütterung, Geschlecht und Schlachalter. Diss. Universität Göttingen, 176 S.
- WEDEKIND, H. (2003): Vergleich eines konventionellen mit einem „ökologischen“ Forellenfutter, *Fischer und Teichwirt* 54: 443–444
- XU, R., HUNG, S.S.O., GERMAN, J.B. (1993): White sturgeon tissue fatty acid compositions are affected by dietary lipids. *J. Nutr.* 123 (10): 1685-1692.
- YAMADA, M., HAYASHI, K. (1975): Fatty acid composition of lipids from 22 species of fish and mollusk. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 41: 1143-1152.