



**Qualitätsvergleich von Regenbogenforellen  
aus konventioneller und ökologisch zertifizierter  
Aufzucht als Voraussetzung für eine Verbesserung  
der Wettbewerbsfähigkeit von Bioforellen**

**Herausgeberin:**

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)  
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: [geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de](mailto:geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de)

Internet: [www.bundesprogramm-oekolandbau.de](http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de)

Finanziert vom Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

**Auftragnehmer:**

Bundesforschungsanstalt für Fischerei:  
Institut für Fischereitechnik und Fischqualität (IFF(Q))  
und Institut für Fischereiökologie (IFÖ)

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



**QUALITÄTSVERGLEICH VON REGENBOGENFORELLEN AUS KONVENTIONELLER  
UND ÖKOLOGISCH ZERTIFIZIERTER AUFZUCHT ALS VORAUSSETZUNG FÜR EINE  
VERBESSERUNG DER WETTBEWERBSFÄHIGKEIT VON BIOFORELLEN  
-BLE 02OE007-**

Abschlußbericht

Laufzeit und Berichtszeitraum: 01.06.2002 – 31.12.2003 (verlängert bis 29.02.2004)

**Beteiligte Institutionen:**

Bundesforschungsanstalt für Fischerei

- Institut für Fischereitechnik und Fischqualität (IFF(Q))  
Palmaille 9, 22767 Hamburg
- Institut für Fischereiökologie, Aussenstelle Ahrensburg (IFÖ)  
Wulfsdorfer Weg 204, 22926 Hamburg

**Verantwortliche Wissenschaftler**

Dr. H. Karl (IFF(Q))  
Dr. V. Hilge (IFÖ)

**Beteiligte Wissenschaftler:**

- IFF(Q) Hr. Kroeger, Fr. Manthey-Karl, Dr. Meyer, Dr. Ostermeyer, Fr. Lehmann,  
Dr. Rehbein, Dr. Schubring
- IFÖ Dr. Kuhlmann

*Ein Projekt aus dem Bundesprogramm „Ökologischer Landbau“*

## **Gliederung**

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes .....	3
1.1 Planung und Ablauf .....	5
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	6
1.2.1 Untersuchungen der Aufzuchtbedingungen.....	7
1.2.2 Untersuchungen zur Qualität von Forellen.....	8
2. Material und Methoden .....	9
2.1 Beschreibung der untersuchten Teichwirtschaften.....	9
2.2 Futtermittelversuche .....	11
2.3 Stickstoffexkretionsversuche.....	12
2.4 Qualitätsuntersuchungen.....	12
2.4.1 Beschreibung der Untersuchungsmethoden zur Qualitätsbestimmung.....	13
3. Ergebnisse.....	16
3.1 Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	16
3.1.1 Untersuchungen der Aufzuchtbedingungen .....	16
3.1.2 Untersuchungen zur Qualität.....	40
3.2 Nutzen und Verwertbarkeit .....	53
4. Zusammenfassung .....	54
5. Geplante und erreichte Ziele.....	56
6. Literaturverzeichnis.....	57
Anlagen 1 – 3 .....	59 - 69

## 1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Die Forelle stellt weit vor dem Karpfen das Hauptprodukt der deutschen Teichwirtschaft dar. Die inländische Produktion bewegt sich je nach Informationsquelle zwischen 22 – 25 000 t (BMVEL 2002). Zusätzlich wird etwa die gleiche Menge importiert und fast vollständig auf dem deutschen Markt abgesetzt. Sie ist von der Menge her durchaus mit den inländischen Anlandungen aus der kleinen Hochsee- und Küstenfischerei von rd. 48 000 t in 2001 zu vergleichen (BMVEL, 2002). Dabei kann der an der Forelle interessierte Kunde zwischen verschiedenen Angebotsformen wählen, die vom frisch geschlachteten, ausgenommenen Tier bis zur Tiefgefrierware oder zum geräucherten Filet reichen. Aber auch größere, rotfleischige Forellen erfreuen sich zunehmender Beliebtheit, wobei es offensichtlich regionale Unterschiede hinsichtlich des bevorzugten Verkaufsgewichtes gibt.

Die Produktion von Forellen findet ganz überwiegend in Erdteichen statt, nur ein kleiner Teil der Betriebe verwendet Fließkanäle, Rinnenanlagen oder andere ähnliche Haltungsformen. Dabei variieren die Haltungsdichten zwischen extensiv und intensiv arbeitenden Betrieben ganz erheblich und können 3 - 5 kg/m<sup>3</sup> auf der einen und über 50 kg/m<sup>3</sup> auf der anderen Seite betragen.

Neben dieser seit Jahrzehnten existierenden konventionellen Forellenzucht hat sich in den letzten Jahren die Bewegung des ökologischen Landbaus mit einigen zertifizierten Zuchtanlagen der Karpfen- und Forellenteichwirtschaft etabliert und dafür eigene Vorschriften (Standards) entwickelt, auf die weiter unten kurz eingegangen wird. Diese Entwicklung befindet sich aber noch am Beginn und weist in Deutschland für Forellen nur eine Produktionsmenge von rd. 100 t auf.

Den Anstoß zu der hier vorliegenden Untersuchung gab die öffentliche Diskussion über die Produktionsmethoden und Erzeugnisse aus konventioneller und ökologischer Landwirtschaft, die auch vor Fischprodukten nicht Halt machte. Dabei wurden die ökologisch hergestellten Lebensmittel - hier die Forelle - im Vergleich zu den konventionell hergestellten Produkten mit Attributen wie höhere Qualität, hohe Produktsicherheit, umweltgerechter etc. belegt (Bergleiter 2001). Tatsächlich zeigen Befragungen, dass eine Motivation der Käufer gerade auf diesen Gründen eines gesünderen, umweltfreundlicheren, besser schmeckenden und weniger Rückstände enthaltenden Produktes beruht (Bruhn, 2001). Es sei in diesem Zusammenhang an einige Krisen im Lebensmittelbereich erinnert, die den Verbraucher erheblich verunsicherten. Daraus wurde eine Zuwendung des Käufers zu Ökoprodukten abgeleitet, denen ein ständig zunehmender Marktanteil zugetraut wurde. Allerdings muss festgestellt werden, daß der erhoffte Aufschwung im Sektor der Süßwasserfischproduktion unter Beachtung der Zahl der zertifizierten Betriebe sowie der von ihnen erzeugten Fischmenge bisher jedoch ausgeblieben ist.

Belegen oder entkräften lassen sich die aufgezeigten Verbrauchererwartungen generell nur durch vergleichende wissenschaftliche Untersuchungen. Solche fehlten bisher im Bereich der Aquakultur in Deutschland.

Ziel des Forschungsprojektes war ein Qualitätsvergleich von ökologisch erzeugten Forellen und Forellen aus konventionellen Zuchtanlagen. Dabei wurden sowohl die für den Verbraucher wichtigen Aspekte der Produktqualität als auch die Haltungsbedingungen und damit die Auswirkungen auf die Umwelt untersucht.

Die Untersuchungen stehen im direkten Zusammenhang mit den Zielen des BMVEL, dem Verbraucher ein gesundes, qualitativ hochwertiges tierisches Lebensmittel anzubieten, das unter umwelt- und tiergerechter Erzeugung produziert wurde. Die Ergebnisse dieser Studie leisten gleichzeitig einen Beitrag zur Versachlichung der mitunter emotional geführten Diskussion im Agrar- und Lebensmittelbereich über die Vor- und Nachteile von ökologisch bzw. konventionell erzeugten Lebensmitteln. Sie fördern das verbraucherpolitische Anliegen der Bundesregierung, dem Verbraucher mehr wissenschaftlich fundierte Informationen zur Verfügung zu stellen und stehen im Einklang mit dem Ziel, die Wahlfreiheit des Verbrauchers beim Kauf von Agrarprodukten zu stärken.

### Kurze Übersicht über Richtlinien für die ökologische Aquakultur von Forellen

Im Folgenden werden aus Verständnisgründen kurz die wichtigsten Richtlinien der ökologischen Aquakultur vorgestellt, soweit sie für die Forellenteichwirtschaft im Süßwasser relevant sind, der wie oben ausgeführt in Deutschland wichtigsten Produktionsmethode. Es handelt sich um Vorschriften des Naturlandverbandes für naturgemäßen Landbau e.V. für die Produktion von Forellen, Lachsen und anderen Salmoniden in Teichen und Netzgehegen (Naturland, 2002), der in der Bundesrepublik insbesondere Forellenteichwirtschaften zertifiziert, d.h. Betriebe auf die Einhaltung bestimmter Produktions- und Verarbeitungsmethoden hin überwacht, die mit dem Attribut „anerkannt ökologisch“ gekennzeichnet sind. Die Einhaltung der Richtlinien erlaubt die Nutzung des Logos dieses Verbandes.

Die wichtigsten Vorschriften umfassen das Medium Wasser, die Satzfische, die Besatzdichte und damit verbunden die Sauerstoffversorgung, die Tiergesundheit, das Futter sowie die Weiterverarbeitung. So darf die Gewässergüte des genutzten Gewässers - hier wird für Salmoniden mindestens Gewässergüte II gefordert - nicht wesentlich verschlechtert werden. Daher müssen Futterreste und Stoffwechselprodukte dem aus der Anlage ablaufenden Wasser entnommen und separat entsorgt bzw. verwendet werden. Die Satzfische müssen möglichst aus ökologisch anerkannter Aufzucht stammen. Lokalen Herkünften ist dabei Vorrang einzuräumen. Gentechnisch veränderte Tiere bzw. solche mit verändertem Chromosomensatz oder aus einer Behandlung zur Geschlechtsumkehr hervorgegangene bzw. deren Nachkommenschaft dürfen nicht eingesetzt werden. Als Besatzdichte sind höchsten  $10 \text{ kg/m}^3$  zum Zeitpunkt der Ernte erlaubt. Dies gestattet eine unterschiedliche Anzahl von Individuen pro Volumeneinheit in Abhängigkeit vom angestrebten Endgewicht. Ein Sauerstoffeintrag mittels technischer Maßnahmen ist nur vorübergehend gestattet, z.B. beim Transport, im Bruthaus oder bei extremen Wetterlagen. Auch eine Dauerbelüftung des Teiches wird abgelehnt. Die Tiergesundheit ist durch vorbeugende Maßnahmen zu erhalten. Dazu dürfen auch bestimmte natürliche Substanzen routinemäßig bzw. prophylaktisch gegeben werden. Dagegen ist die Anwendung herkömmlicher Arzneimittel an eine Verschreibung eines Tierarztes gebunden. Sie erfordert das Doppelte der vorgeschriebenen Absetzzeiten. Auf die Futtermittel wird in den Vorschriften besonders eingegangen. Ihre pflanzlichen Bestandteile müssen wo immer möglich nach den Vorschriften eines Ökoverbandes erzeugt sein. Futtermittel aus gentechnisch veränderten Organismen oder deren Erzeugnissen dürfen nicht eingesetzt werden. Auch an die Verwendung tierischer Bestandteile, hier insbesondere Fischmehl und Fischöl, sind Restriktionen geknüpft. Es darf nur aus (MSC-) zertifizierter, lokaler oder regionaler Fischerei stammen, aus Resten der Speisefischverarbeitung oder aus dem Beifang. Natürliche Farbstoffe wie Phaffiahefe sind zugelassen, synthetische Farbstoffe und Aminosäuren dagegen nicht. Herkömmliche Räucherverfahren sind erlaubt, nicht dagegen Flüssigrauch und Injektionssalzung. Eine kritische Bewertung der Richtlinien findet sich bei Strubelt (2003).

## 1.1 Planung und Ablauf

Für den gesamten Zeitraum vorgesehen waren Vergleichsuntersuchungen von zwei ökologisch zertifizierten Betrieben und wegen der größeren Variabilität in der Betriebsweise von 3 konventionellen Forellenzuchtbetrieben. Der Qualitätsvergleich der Produkte wurde dabei auf frische, handelübliche Portionsforellen beschränkt, um den erfüllbaren Untersuchungsrahmen während der kurzen Laufzeit des Projektes realistisch zu gestalten. Einen Überblick der vorgesehenen Untersuchungen für jede Zuchtanlage gibt das Ablaufdiagramm.

Der Arbeitsplan beinhaltete zunächst die Auswahl der Betriebe und die Erstellung von detaillierten Untersuchungsplänen, wobei die Probenzahl und die genaue Vorgehensweise festgelegt wurde.

Neben der Analyse des erzeugten Produktes war es notwendig auch die Produktionsmittel, hier insbesondere Wasser und Futter, sowie die teichwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu untersuchen. Der dazu verwendete Betriebsfragebogen findet sich in Anlage 1. Wesentliche Teile der Aussagen zu den einzelnen Forellenzuchtanlagen stammen also von den Betreibern selber.

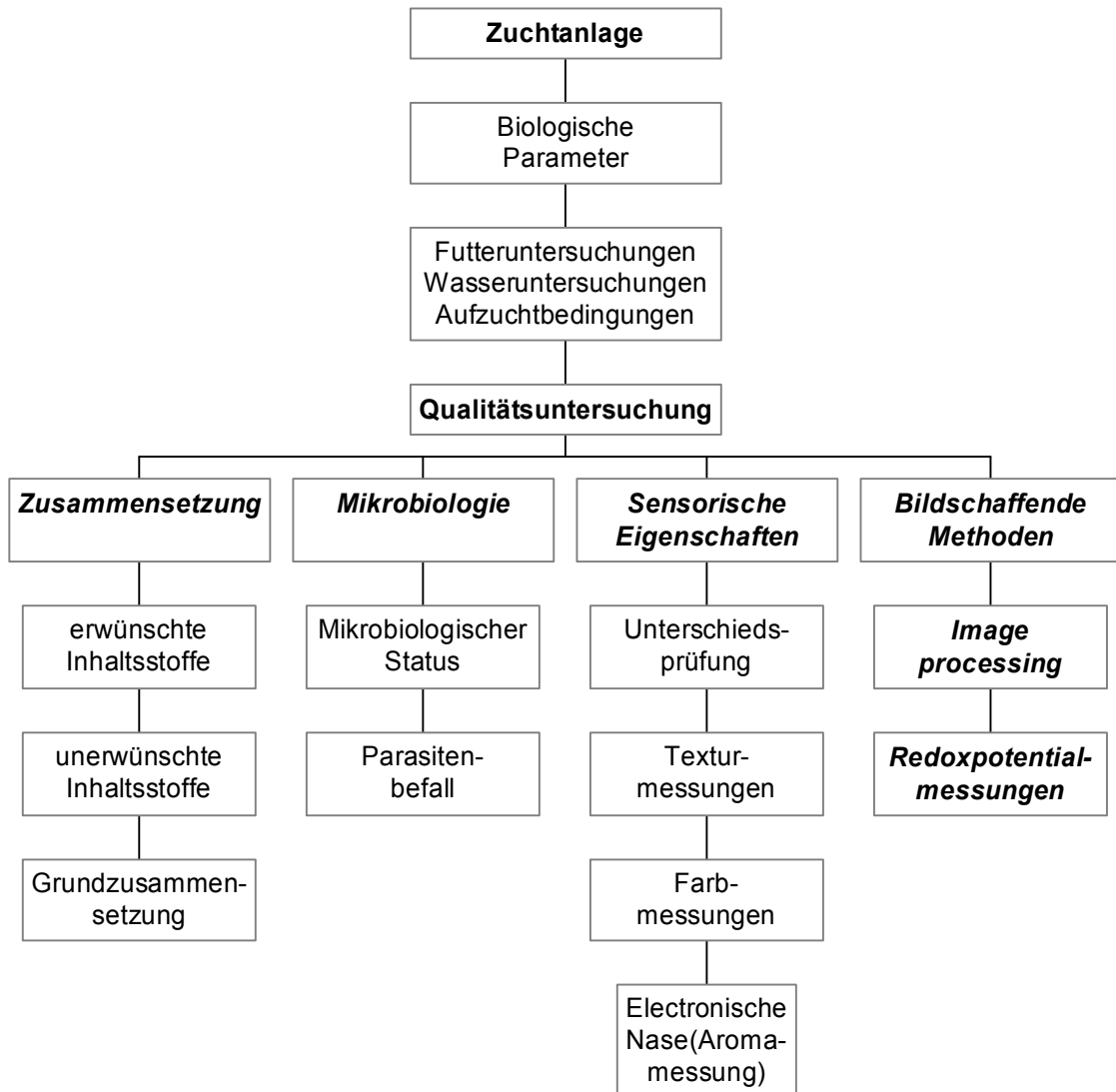
Die Auswahl der Teichwirtschaften orientierte sich als ein wesentliches Merkmal an der Intensitätsstufe ihrer Produktion (hier als Besatzdichte angegeben ohne Berücksichtigung der Wasserdurchflussmenge, deren Ermittlung problematisch war), d.h. es sollten bei den konventionellen Teichwirtschaften alle drei Stufen extensiv, semi-intensiv und intensiv vertreten sein und bei den zertifizierten, deren Besatzdichte auf  $10 \text{ kg/m}^3$  begrenzt ist, was einem semi-intensiven Besatz entspricht, zumindest eine extensive und eine semi-intensive Anlage. Ein anderer Aspekt aufgrund der begrenzten Zahl zertifizierter, zumeist kleiner Anlagen, war deren Produktionsmenge. Die Auswahl geschah auf der Basis des Kenntnisstandes der Projektverantwortlichen über die deutsche Forellenteichwirtschaft bzw. beruhte hinsichtlich der zertifizierten Betriebe auf Informationen des Naturlandverbandes.

Die Kontaktaufnahme mit den Teichwirtschaften erfolgte fernmündlich und schriftlich etwa 2 - 3 Monate vor dem Besuch der jeweiligen Anlage, indem den betreffenden Teichwirten Zweck und Zielsetzung des Projektes detailliert erläutert wurden (Anlage 2). Zugleich wurden die Rahmenbedingungen abgefragt. Dazu gehörten die Festsetzung des Besuchsdatums, das Vorhandensein von Fischen in entsprechender Größe (Portionsforellen) und Menge noch im Aufzuchtsteich, die Möglichkeit zur wasserchemischen Messung dieser Teiche vor Ort sowie sonstige wichtige Details. Allerdings stellte sich während der Untersuchungen und einer ersten Begehung der Fischzucht heraus, dass gegebene Auskünfte hinsichtlich der Situation in einzelnen Teichwirtschaften nicht immer mit der tatsächlichen Lage vor Ort übereinstimmten.

Anzumerken ist noch, dass jede Kooperation auf freiwilliger Basis geschah. Es darf an dieser Stelle festgestellt werden, dass alle Teichwirte an den Untersuchungen sehr interessiert waren und ihre Infrastruktur zur Verfügung stellten. Dafür sei allen Betroffenen an dieser Stelle herzlich gedankt.

Den untersuchten Betrieben war strikte Anonymität zugesagt worden, um eine vielleicht vorhandene Hemmschwelle zu überwinden. Allerdings können die Untersucher keine Verantwortung für Mitteilungen der Betreiber selbst an Dritte übernehmen.

## Ablaufdiagramm der durchgeführten Untersuchungen



### 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Bei den Produktionsmethoden handelt es sich um etablierte Verfahren, die von Teichwirtschaft zu Teichwirtschaft an die vor Ort herrschenden Verhältnisse angepasst sind. Teichwirtschaften und ihre Produkte sind schon Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Das betraf die Umweltauswirkungen, aber vor allem die Qualität der Fische selbst. Eine vergleichende Untersuchung von Forellen aus konventioneller und ökologisch zertifizierter Produktion liegt unseres Wissens bisher dagegen noch nicht vor.

### 1.2.1 Untersuchungen der Aufzuchtbedingungen

Da die industriell hergestellten Futter in der Forellenteichwirtschaft im Gegensatz zur Karpfenteichwirtschaft eine entscheidende Rolle spielen, soll an dieser Stelle kurz auf die Situation auf dem Futtermittelmarkt eingegangen werden.

Wie bereits oben ausgeführt, werden an ein Ökofutter zur Aufzucht von Forellen spezielle Anforderungen gestellt, ohne die es keine Möglichkeit zur Zertifizierung des Futters und letztlich zur Produktion von Ökoforellen gibt. Dabei sind die Anforderungen von Zertifizierer zu Zertifizierer unterschiedlich. Weiterhin bedeutet die Herstellung eines solchen Futters einen hohen finanziellen und Arbeitsaufwand, da der herkömmliche Produktionsprozess gestoppt und die gesamte Produktionsstraße gereinigt werden muss. Die erlaubten Zutaten müssen verfügbar sein und dennoch wird nur eine relativ kleine Menge Futter hergestellt, da die Nachfrage bei der geringen Ökoforellenproduktion sowohl in Deutschland von nach unseren Umfragen etwa 100 t als auch in Europa nur gering ist. Somit wird oft nur an zwei Terminen im Jahr ein derartiges Futter hergestellt, z.B. in Frühjahr und Herbst. Dies trifft u.a. auf den deutschen und den dänischen Hersteller von Ökofuttern für Forellen zu. Die Situation wird dadurch komplizierter, dass ein Hersteller sich auch dazu entschließen kann auf die Produktion des Futters ganz zu verzichten wie dies eine dänische Marke im Jahr 2002 machte, die zwar noch im Frühjahr, aber danach im Herbst des Jahres nicht mehr erhältlich war. Tatsächlich wartet der dänische Hersteller, der relativ nah zum deutschen Markt produziert, ab, ob sich im eigenen Land eine Ökoforellenproduktion etablieren wird, um dann zu entscheiden, ob eine Futterproduktion wieder aufgenommen wird.

Eine Umfrage bei europäischen Herstellern ergab neben den zwei schon genannten Herstellern aus Dänemark und Deutschland, dass es noch je einen weiteren Produzenten von Ökofuttermitteln für Forellen in der Schweiz und in Frankreich gibt, sowie möglicherweise auch in Irland, obwohl eine befriedigende Auskunft aus letztgenanntem Land bisher nicht zu erhalten war. Allerdings sind Mengen und Termine, an denen diese Futter hergestellt werden, nicht bekannt. Ebenso konnten wir in Unterhaltungen mit Forellenproduzenten feststellen, dass ihnen oft nur ein oder zwei Ökofuttermittelhersteller bekannt waren. Abgesehen davon kommt ein Transport von Futtern über weite Strecken aus Kostengründen kaum in Betracht, zumal diese Futter sowieso schon teurer sind als die herkömmlichen. Mit dem Konzept der Regionalisierung der gesamten Produktion, wie für die ökologische Landwirtschaft gefordert, ist diese Situation nicht zu vereinbaren. Diese Dilemma scheint nicht kurzfristig überwindbar zu sein.

Zusätzlich stellt sich die Vielfalt an Zertifizierern mit ihren unterschiedlichen Vorschriften als Hindernis für die Futtermittelproduzenten dar, denn sie sind gezwungen bei jedem dieser Verbände eine Zertifizierung zu beantragen, wenn sie in unterschiedliche Länder mit jeweils anderen Vorschriften exportieren wollen.

Diese gesamte Problematik ist vor dem Hintergrund einer begrenzten Haltbarkeit von Fischfuttern ganz generell zu sehen. Übliche Futter besitzen nach Aussagen von Herstellern bei korrekter Lagerung eine Lagerfähigkeit von 4 - 5 Monaten, manche Hersteller geben auch 6 Monate an, enthalten sie Carotinoide zur Rotfärbung des Fleisches sogar nur 3 - 4 Monate. Dies gilt unter der Voraussetzung einer Anwendung erlaubter Antioxidantien. Ist ihre Verwendung von einem Zertifizierer dagegen verboten, stellt sich die Situation als grundsätzlich problematisch dar, da die Fischfutter einen hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren enthalten, die leicht oxidieren.



Anzumerken ist weiterhin, dass große Futtermittelhersteller aufgrund der Maschinenausstattung andere technische Möglichkeiten der Futterherstellung haben als kleinere Anbieter. Dies erlaubt es ihnen, auch extrudierte, schwimmfähige Futter zu produzieren, die sich im Vergleich zu pelletierten Futtern durch einen höheren Fettgehalt auszeichnen. Dies wiederum bedeutet bessere Futtermittelverwertung, verringerten Einsatz von Eiweiß für den Betriebsstoffwechsel des Fisches zugunsten der Fettkomponente als entscheidendem Energieträger und damit eine Umweltentlastung durch reduzierte Stickstoffexkretion.

### **1.2.2 Untersuchungen zur Qualität von Forellen**

Ein wichtiges Argument der Betreiber des organischen Landbaus und damit auch der organischen Fischzucht ist die Qualität der so erzeugten Lebensmittel. Es finden sich aber weder in der Literatur noch in den Werbemitteln ökologisch produzierender Betriebe reproduzierbare Messdaten für diese These soweit es Forellen betrifft. Es existieren nur einzelne Untersuchungen, die wild lebende Fische und Fische aus der konventionellen Aquakultur vergleichen.

Die Qualität von Wildlachs und von in Aquakultur gezüchteter Lachsforelle wurde während 6-monatiger Lagerung im Tiefkühlraum beobachtet (Andersen et al., 1990).

Die Fettsäuremuster von wild lebenden und gefarmten Fischen können sich unterscheiden. Der Anteil der ungesättigten n-3 und n-6 Fettsäuren war signifikant niedriger in gefarmten als in wild lebenden Tieren der gleichen Fischart (z.B. Forelle, Lachs, Karpfen) (George und Bhopal, 1995; Van Vliet and Katan, 1990; Ackman und Takeuchi, 1986)

Zum Vergleich von Forellen beider Aufzuchtformen speziell unter mikrobiologischen Aspekten liegen u. E. bisher keine systematischen Untersuchungen vor. Es liegen nur Vergleichsuntersuchungen zwischen wildgefangenen Forellen und gefarmten Regenbogenforellen vor, aus denen bekannt ist, dass die Fische aus der Aquakultur um 1-2 Zehnerpotenzen niedrigere Gesamtkeimgehalte auf der Haut, den Kiemen und im Darm enthalten (Gonzalez et al., 1999).

Die Belastung von Zuchtfischen mit chlororganischen Rückständen ist von mehreren Faktoren abhängig. Die Aufnahme erfolgt über das Futter und über die Kiemen. Kürzlich an der Bundesforschungsanstalt für Fischerei durchgeführte Fütterungsversuche an Regenbogenforellen konnten belegen, dass die Zusammensetzung und die Höhe an organischen Rückständen von der Belastung des eingesetzten Futters abhängen (Alder et al., 1997, Karl et al., 2002).

Im Allgemeinen liegen die Gehalte in konventionell gefarmten Forellen weit unter den gültigen Grenzwerten, Daten über ökologisch erzeugte Forellen liegen bisher nicht vor.

Eine wissenschaftlich durchgeführte sensorische Prüfung stellt eine zuverlässige, objektive und hinreichend genaue Messmethode dar, um die Qualität eines Lebensmittels umfassend zu beurteilen. Es gibt bisher keine Untersuchungen, die sich mit dem Vergleich der sensorischen Qualität von Forellen aus konventioneller und ökologischer Produktion beschäftigt haben.

Gleiches gilt für die Beurteilung der Aromaeigenschaften mit elektronischer Nase und der Anwendung von Farb- und Texturmessungen.

Die Bedeutung von Textur und Farbe für die Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln ist allgemein anerkannt. In der Regel wird eingeschätzt, dass das Fleisch gefarmter Fische eine weichere Textur als das wildlebender Fische aufweist und dass die Farbe und das Aussehen der Haut und des Fleisches von gefarmten und wildlebenden Fischen für einige Arten signifikant verschieden sind (Haard, 1992). Untersuchungen von Goldbrassen aus extensiver und intensiver

Zucht ergaben deutliche Unterschiede in der Textur, die sowohl instrumentell als auch sensorisch erfasst wurden (Orban et al., 1997).

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Beschreibung der untersuchten Teichwirtschaften

Wasserchemische Parameter wurden aus dem Zu- und Ablaufwasser in ihrem Tagesverlauf in den betreffenden Teichwirtschaften aufgenommen. Eine Bewertung von konventionellen und Öko-Futtermitteln für Forellen geschah zum einen in vergleichenden Futtersuchen und zum andern in der Messung von Ammoniumexkretionsraten im Tagesgang im Labor. Letzteres diente der direkten Abschätzung der Umweltbelastung der verschiedenen Futtermittel mit Gewässer-eutrophierenden Stoffen wie Stickstoff es darstellt. Die Bedeutung des Ammoniums in Stickstoffstoffwechsel und Exkretion der Fische bei Fütterung wurde von Wood (2001) zusammenfassend dargestellt.

In die Untersuchung wurden fünf Teichwirtschaften einbezogen, von denen drei konventionell und zwei nach ökologischen Vorschriften produzieren. Sie liegen zwischen Norddeutschland und Süddeutschland verstreut.

#### *Konventionelle Teichwirtschaft 1*

Die erste konventionell und extensiv arbeitende Forellenzucht besitzt eine Teichfläche von 2,5 ha mit 25 Teichen, die nicht alle besetzt waren. Ihr stehen 45 l/s Quellwasser zur Verfügung, das entgast und belüftet wird. Es existiert kein Umlaufgraben, vielmehr durchläuft das Wasser nacheinander jeweils einen Teil der Teiche. Im Jahresgang variiert die Wassertemperatur in den Teichen zwischen 5 – 17 °C. Der Fischbestand setzt sich aus allen Größen von Bach- und Regenbogenforellen zusammen, die im Betrieb selbst produziert werden. Die Besatzdichten betragen bei den Satzfishen 1 – 2 kg/m<sup>3</sup> und bei den Speisefischen 2 – 5 kg/m<sup>3</sup>. Gefüttert wird extrudiertes Fertigfutter eines namhaften Anbieters. Die Vermarktung erfolgt bei einem Stückgewicht von 300 – 400 g.

Der Anfang April 2003 untersuchte Teich von 350 m<sup>2</sup> Fläche und 1,2 – 1,5 m Tiefe besitzt Betonwände und einen Erdboden. Etwa 3 500 Regenbogenforellen mit einem Gewicht zwischen 200 – 350 g ergaben bei einer Besatzdichte von 3,5 kg/m<sup>3</sup> eine Gesamtmasse von rd. 1 t. Die Tiere wurden am Versuchstag dreimal mit insgesamt 8,5 kg Trockenfutter versorgt. Eine Dauerbelüftung erfolgte über einen Aqua-Pilz. Der Wasserzulauf betrug etwa 25 l/s. Diese letztere Angabe ist, wie bei allen anderen Anlagen auch, allerdings nur ein grober Schätzwert.

#### *Konventionelle Teichwirtschaft 2*

Der zweite konventionell und semi-intensiv arbeitende Betrieb produziert in 20 Teichen von einer Teichfläche von 1,6 ha Regenbogenforellen, Bachforellen und Bachsaiblinge. Die Tiere kommen als Besatz aus einem anderen Betriebsteil des Unternehmens bzw. werden zugekauft. Das Wasser entstammt einem einige km oberhalb gelegenen Quellbereich und zeichnet sich durch starke Braunfärbung mit einem relativ hohen pH – Wert aus. Es hatte relativ geringe Sichttiefe. Ein Teil wird aus dem Vorfluter zu einem Umlaufgraben abgeleitet. Der Betrieb stellt pro Jahr etwa 7 t Speisefische her, die mit herkömmlichen Forellenfuttern zweier Anbieter gefüttert werden. Die Anlage hat einen Oberlieger, der allerdings nur eine kleine Produktion hat.

Der Ende Oktober 2002 untersuchte Teich von 180 m<sup>3</sup> Volumen enthielt etwa 5 000 Regenbogenforellen von 430 g, die bei einem Gesamtgewicht von 2,3 t eine Besatzdichte von 11,9 kg/m<sup>3</sup> ergeben. Eine Belüftung erfolgte über ein Schaufelrad. Die Fische wurden zweimal pro Tag von Hand mit Sinkpellets gefüttert.

#### *Konventionelle Teichwirtschaft 3*

Der konventionell mit intensivem Besatz arbeitende Betrieb besitzt keine Erdteiche, sondern Fließkanäle von 4 m Breite und 120 m Länge und 0,8 – 0,5 m Tiefe, für die 240 l/s Wasser aus einer nahe gelegenen Quelle zur Verfügung stehen. Das Wasser wird zunächst entgast und regelbar mit Sauerstoff begast. Die Fütterung ist automatisiert und erfolgt zwei- dreimal pro Tag. Es werden Futter dreier Hersteller verwendet, die sich u.a. durch langsames Absinken auszeichnen. Der Fischbestand setzt sich aus in einem anderen Betriebsteil produzierten Regenbogenforellen sowie einer kleineren Menge zugekaufter Bachsaiblinge zusammen. Es können 200 t/a produziert werden.

Jeder Fließkanal ist in 15 m lange Abteile unterteilt. Die Ende April 2003 untersuchten zwei zusammenhängenden Abteile eines Fließkanals lagen mittig und enthielten zusammen rd. 4 t Forellen. Bei einer Wassertiefe von 0,6 m entspricht dies einer Besatzdichte von 56 kg/m<sup>3</sup>. Oberhalb und unterhalb befanden sich weitere Tiere. Die Tagesfuttermenge betrug 36 kg, die Wassertemperatur schwankte um 9,5 °C.

#### *Ökoteichwirtschaft 1*

Dieser ökologisch produzierende Betrieb hat 20 Teiche bei einer Teichfläche von ½ ha. Er wird aus einem Fließgewässer versorgt, aus dem 250 l/s entnommen werden dürfen. Von dem Gewässer ist vor der Anlage einer kleiner Arm abgeteilt, der das aus den einzelnen Teichen ablaufende Wasser aufnimmt und nach der Anlage wieder dem Hauptarm zuführt. Es werden ausschließlich Regenbogenforellen produziert. Der Besatz wird mit 5 g zugekauft und wächst auf Portionsgröße ab. Die mittlere Produktionszeit wurde mit 1,5 Jahren angegeben, maximale Besatzdichten mit 5 – 7 kg/m<sup>3</sup>. Als Futter wird ein zertifiziertes süddeutsches Produkt verwendet. Zum Zeitpunkt des Besuches war nur ein Teil der Anlage besetzt und der Betreiber klagte über Absatzprobleme. Dies mag regional begründet sein. Die Anlage hat einen Oberlieger, bei dem in der Vergangenheit Krankheitsprobleme aufgetreten sein sollen.

Der Ende September 2003 untersuchte Teich hatte eine Grundfläche von 200 m<sup>2</sup> bei einer mittleren Wassertiefe von 1 m. Der Zulauf erfolgte über ein vielfach durchbohrtes Kunststoffrohr. Dies erschwerte die Abschätzung der Wassermenge, die mit 12 – 15 l/s angenommen wurde. Der relativ unsortierte Fischbestand wurde mit 1 t angegeben, die Untersucher schätzten ihn aber nur auf gut 2/3 davon. Dies entspricht einer Besatzdichte von 3 – 3,5 kg/m<sup>3</sup>. Die Futtermenge lag bei 1% von der Biomasse und wurde auf einmal gegeben und von den Fischen gut aufgenommen.

#### *Ökoteichwirtschaft 2*

Die zweite ökologisch betriebene Forellenzucht hat eine Teichfläche von knapp 6 ha mit 26 sehr unterschiedlich gebauten und genutzten Teichen. Zumeist sind sie mit Regenbogen- und Bachforellen sowie Saiblingen besetzt, einige größere, abseits gelegene Teiche dienen der Aufzucht von Karpfen und ihren Nebenfischen, für die aber offensichtlich keine Zertifizierung angestrebt worden war. Aus einem Fließgewässer dürfen 300 l/s entnommen werden. Ein Umlaufgraben umschließt den Forellenproduktionsteil. Es werden etwa 50 t Forellen produziert und zum größten Teil als zertifiziertes Ökoprodukt vermarktet. Zum Zeitpunkt unseres Besuches

der Anlage Ende November 2002 waren die Forellen schon aus den Teichen in den Umlaufgraben umgesetzt worden, worüber wir leider nicht informiert worden waren. Damit war eine Beprobung des Aufzuchtsteiches nicht mehr möglich. Daher entstand spontan der Beschluss, einen anderen Teich zu beproben, der etwa 4 - 5 000 Forellen mit einem Stückgewicht von rd. 50 g enthielt. Die Wasserversorgung aus einem größeren oberliegenden Teich lag bei etwa 15 – 20 l/s. Der untersuchte Teich besaß Betonwände und hatte bei einer Fläche von rd. 160 m<sup>2</sup> eine Wassertiefe von 1,2 m. Die Besatzdichte betrug also etwa 1,3 kg/m<sup>3</sup>. Als Nahrungsquelle wurde das Ökofutter eines dänischen Herstellers angegeben, die auf Aussage des Betreibers beruhende Tagesfüttermenge mit rd. 10 kg, die in einer Fütterung zur Mittagszeit gegeben wurde.

Die Beprobung der Teichwirtschaften fand etwa im Zeitraum zwischen 8 – 16 h statt und umfasste die folgenden wasserchemischen Parameter aus Zu- und Ablauf der Teiche: Ammonium, Nitrit, ortho-Phosphat, Gesamtphosphat und chemischer Sauerstoffbedarf. Diese Werte wurden mit Testsätzen der Fa. Dr. Bruno Lange, Düsseldorf, mit Hilfe eines transportablen Photometers (Lasa 100 mit Aufschlussblock) desselben Herstellers in Doppelbestimmungen ermittelt. Weiterhin wurden mit Hilfe der Sonde Multi 340i der Fa. WTW, Weilheim, pH, Sauerstoff, Temperatur und Leitfähigkeit ermittelt. Die Menge abfiltrierbarer Stoffe ergab sich aus dem getrockneten Filterrückstand nach Filtration von 200 ml Probenwasser über einen Glasfaserfilter von 0,49 µm Porenweite.

## 2.2 Futtermittelversuche

In zwei Futtermittelnversuchen wurden auf dem Markt verfügbare Ökofutter für Forellen aus Deutschland und der Schweiz mit auf dem deutschen Markt verfügbaren konventionellen Futtermitteln verglichen. Dabei wurde besonders auf Abwuchs und Futtermittelverwertung sowie die Proteinausnutzung geachtet. Diese Versuche fanden im Labor der BFA f. Fischerei, Außenstelle Ahrensburg, statt, also nicht unter Praxisbedingungen.

### *Futtermittelversuch 1*

In einem ersten Versuch wurde ein Schweizer Ökofutter mit einem auf dem deutschen Markt gängigen Fabrikat verglichen. Der Versuch dauerte 8 Wochen. Er umfasste jeweils 15 Tiere in je 3 Wiederholungen. Die Tiere aller Gruppen hatten ein Ausgangsgewicht von im Mittel etwas über 28 g Stückgewicht. Glasaquarien von 40 l Volumen dienten als Haltungseinheit. Die Wassertemperatur variierte für alle Gruppen gleichmäßig zwischen 11-13 °C. Es trat keine Sterblichkeit auf.

Die Zusammensetzung der Futtermittel ist in Tab. 1, Kap. 3.1, B wiedergegeben. Das Ökofutter enthält etwa 55 % Rohprotein und etwa 12 % Rohfett. Daneben fallen der geringe Rohfaseranteil von knapp 0,5 % sowie der extrem hohe Rohaschegehalt von 21-22 % auf. Der Phosphoranteil liegt mit 2,4 % weit über den heute üblichen Werten. Der hohe Aschegehalt weist auf Reste aus der Fischverarbeitung als einer wesentlichen Proteinkomponente hin, einer Ressource, deren Verwendung in Fischfuttermitteln von den Ökoverbänden gefordert wird. Das konventionelle Futter enthält 46 % Rohprotein, 26 % Rohfett sowie 0,6 % Rohfaser und 9,5 % Rohasche. Der Phosphorgehalt beträgt 1,0 %. Das Ökofutter war pelletiert, das konventionelle dagegen extrudiert. Gefüttert wurde dreimal pro Tag von Hand an allen Wochentagen mit einer Futterzumessung von 1,5 % vom Körpergewicht, an Kontrolltagen jedoch nur 3 Fütterungen mit

2/3 der Gesamtfuttermenge. Kontrollwägungen mit anschließender Anpassung der Futtermenge fanden in wöchentlichem Abstand statt.

### *Futtermessung 2*

Der zweite Futtermessung fand mit Tieren von etwa 20 g Stückgewicht unter ähnlichen Bedingungen, aber an einem anderen Standort wiederum ohne Mortalität statt. Allerdings wurde ein deutsches Ökofutter gegen zwei konventionelle Forellenfutter getestet, von denen eines bereits im ersten Versuch benutzt worden war. Das Ökofutter enthielt 48 % Rohprotein, 16 % Rohfett, 13 % Rohasche und 1,5 % Phosphor. Das erste konventionelle Futter war bereits beschrieben worden, das andere enthielt 48 % Rohprotein, 19 % Rohfett, 9,2 % Rohasche und 1,2 % Phosphor (s. Tab. 3, Kap.3.1,B). Beide konventionellen Futter waren im Gegensatz zum pelletierten Ökofutter extrudiert. Der Versuch dauerte 6 Wochen, die Wassertemperatur schwankte zwischen 11 – 12 °C. Die Futterzumessung entsprach den Vorgaben der Hersteller. Die sonstigen Bedingungen wie Aquarien, Wasser, Fütterungshäufigkeit, Wägeintervalle etc. waren gleich wie bei Versuch 1.

### **2.3 Stickstoffexkretionsversuche**

Gruppen von Forellen von jeweils etwa 100 g bzw. 200 g Stückmasse wurden unter Standardbedingungen in Rundbecken gehalten und ihre Ammoniumexkretion bei Wassertemperaturen von 12 ° bzw. 17 °C in Abhängigkeit vom gegebenen Futter bei stündlicher Entnahme von Wasserproben über einen Zeitraum von 10 – 11 h gemessen. Aus den aufgenommenen Daten wurden jeweils Polynome 3. Grades berechnet, die mit einem  $r^2$  von 0,89 - > 0,99 eine sehr gute Anpassung zeigten. Die Berechnungen und die Darstellung der Kurven wurde mit dem Programm STATISTIKA 6.0 (Fa. Statsoft) durchgeführt.

Als Maß für die während der Probennahme ausgeschiedene Ammoniummenge wurden die jeweiligen Flächen unter den Polynomen vom 0-Punkt bis zum Scheitelpunkt der Kurven mit dem Programm DERIVE 5.02 (Fa. Texas Instruments) berechnet, da die Messungen aus technischen Gründen nicht bis zum Wiedererreichen des 0-Wertes durchgeführt werden konnten.

### **2.4 Qualitätsuntersuchungen**

Die Probennahme erfolgte jeweils vor Ort an lebendfrischen Portionsforellen. Der Probenumfang umfasste jeweils ca. 130 Tiere. Die Fische wurden entweder dem Teich oder einem Zwischenlagerbehälter entnommen und sofort durch Keulung getötet.

Im ersten Schritt wurden die biologischen Kenndaten Länge, Gewicht, Schlachtausbeute bestimmt und der allgemeine Gesundheitszustand beurteilt. Die Eingeweide wurden entnommen und getrennt in PE-Behältern für spätere Parasitenuntersuchungen gesammelt. Die entweideten Fische wurden unter fließendem Leitungswasser gründlich gespült und in fabrikneuen Styroporbehältern unter schmelzendem Scherbeneis gelagert. Durch diese Bedingungen konnte sichergestellt werden, dass alle Fische innerhalb von 2-3 Stunden nach der Entnahme eine Kerntemperatur von ca. +1 °C erreicht hatten und diese Temperatur bis zur späteren Untersuchung im Institut beibehalten wurde. Nach Rücktransport der gekühlten Ware wurden die Proben im Kühlraum unter schmelzendem Eis aufbewahrt und gegebenenfalls nachgeeist.

Um gleiche Ausgangsbedingungen zu gewährleisten, wurden alle Untersuchungen nach 2 Tagen Eislagerung begonnen.

Dies war wichtig insbesondere für die mikrobiologische und sensorische Beurteilungen der Ware, für die instrumentellen Farb- und Texturmessungen und für die Aufnahme des Aromaprofils mit der elektronischen Nase.

Die weiteren Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung (Grundzusammensetzung, Vitamine, Carotinoide, Jodgehalte, Rückstände) und die parasitologischen Untersuchungen wurden über die gesamte Laufzeit des Untersuchungsvorhabens durchgeführt.

#### **2.4.1 Beschreibung der Untersuchungsmethoden zur Qualitätsbestimmung**

##### *Mikrobiologie*

Bestimmt wurden die Gesamtkeimzahlen, Enterobakterien und die Zahl spezifischer Verderbskeime (*Shewanella putrefaciens*) auf der Haut und im Gewebe von jeweils 3 Mischproben un- und ausgekommener Forellen je Betrieb. Zusätzlich wurden die Eingeweide von nicht ausgekommenen Fischen auf die weit verbreiteten toxinbildenden Sporenbilder (Clostridien) untersucht.

##### *Parasitenbefall*

Die Eingeweide von je 100 Fischen pro Zuchtbetrieb wurden mit der Verdauungsmethode auf Nematodenbefall untersucht.

##### *Sensorik*

Für die sensorische Qualitätsbeurteilung wurden die Forellen von 7 bis 10 geschulten Prüfern bewertet. Da es aus logistischen Gründen nicht möglich war die unterschiedlichen Aufzuchtformen gegeneinander zu vergleichen, wurden sogenannte Standardforellen an jedem Probentermin parallel verkostet.

Bei diesen Fischen handelte es sich um Forellen, die in der Außenstelle des Instituts für Fischereiökologie der BFA Fischerei unter gleichbleibenden, kontrollierten Bedingungen aufgezogen wurden und entsprechend weitestgehend von gleichbleibender Qualität waren. Die Bewertung ihrer Merkmale wurde in einem separaten offen diskutierten Vorversuch mit dem Testpanel festgelegt. Bei allen weiteren Sensorikterminen diente diese Bewertung der Standardforellen dann als definierter Richtwert, zu dem die Probenforellen vergleichend beurteilt wurden.

Für die Prüfungen wurde ein spezieller Prüfbogen erarbeitet, der die für das Projekt relevanten Qualitätsparameter mit einer Bewertungsskala von 0 bis 100 (keine bis maximale Ausprägung) berücksichtigte. Die Bewertungen der Standardforellen aus dem Vorversuch wurden markiert. Zusätzlich wurde die Beliebtheit erfragt, d. h. ob eine der Forellenproben bevorzugt wurde.

Für die Prüfungen wurden jeweils 5 Standardforellen und 10 Testforellen, die nach der Schlachtung 2 Tage auf Eis (Kühlraum 0°C) gelagert wurden, filetiert, enthäutet und in Kochbeuteln im Wasserbad 8 min bei 90 °C gegart.

Zusätzlich wurden am Ende des Untersuchungszeitraums Dreiecksprüfungen zum Feststellen sensorischer Unterschiede zwischen tiefgefrorenen Proben aus einem ökologischen und zwei

konventionellen Zuchtbetrieben durchgeführt. Die Untersuchung erfolgte gemäß der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG (1987).

#### *Aromaprofilanalyse*

Die Aromaprofilanalyse erfolgte mit einer elektronischen Nase an jeweils 10 frischen Forellen pro Betrieb. Gemessen wurden die unter standardisierten Bedingungen aus den homogenisierten Filets in den Dampfraum freigesetzten flüchtigen Verbindungen mit 24 Sensoren, die aufgrund verschiedener Messeigenschaften unterschiedlich empfindlich und selektiv auf Komponenten der Gasphase reagieren.

#### *Instrumentelle Messung der Textur, Farbe, Wasserbindung*

Die Texturbewertung erfolgte mit einem Texture-Analyser TA-XT2, StableMicroSystems, Godalming, UK. Dazu wurden die Regenbogenforellen einmal in Koteletts zerteilt und zum anderen filetiert.

Dadurch wurde die Textur parallel und senkrecht zur Faserverlauf erfasst. Die Proben wurden jeweils einer Doppelkompression (60%) unterworfen. Aus den Ergebnissen wurden Härte, Kohäsion, Elastizität, Kaubarkeit und Klebrigkeit errechnet.

Der Texture-Analyser wurde auch zur Bestimmung des auspressbaren Wassers genutzt.

Zur Farbmessung wurde das Farbmessgerät Spectro-pen, Fa. Dr. Lange, Düsseldorf, eingesetzt.

#### *Bildverarbeitung*

Die Oberflächeninspektion von Haut und von Muskelfleisch wurde mit Bildverarbeitungsmethoden durchgeführt. Im Rahmen des Projektes sollte geprüft werden, ob sich aus digitalen Bildern Qualitätsmerkmale von Forellen aus konventioneller und ökologischer Aufzucht ableiten lassen. Eine berührungslose Oberflächeninspektion wurde bei monochromatischem Licht verschiedener Wellenlängen vom UV bis NIR vorgenommen. Die erhaltenen Informationen wurden mathematisch aufbereitet.

#### *Chemische Grundzusammensetzung*

Bestimmt wurden der Fett-, Wasser-, Rohprotein- und Mineralstoffgehalt im Filet ohne Haut.

Die Fettbestimmung erfolgte nach einer modifizierten Methode von Smedes (1999), der Proteingehalt wurde nach Kjeldahl-Aufschluss bestimmt (Oehlenschläger, 1997) und der Wassergehalt durch Trocknen der homogenisierten Proben bei 105 °C. Der Mineralstoffgehalt wurde nach Veraschung der Probe bei 550 °C gravimetrisch bestimmt.

#### *Fettsäurezusammensetzung*

Bestimmt wurden die Fettsäuren aus dem extrahierten Gesamtfett von Poolproben aus jeweils 10 Fischen pro Betrieb. Es wurde die Extraktionsmethode nach Smedes (1999) angewendet. Das extrahierte Fett wurde unter Stickstoff zur Trockene gebracht

Ermittelt wurde die Fettsäurezusammensetzung durch eine gaschromatographische Bestimmung (DGF, 1998) nach einer Methylierung der Fettsäuren (DGF, 2000).

## Stoffwechselprodukte

An einigen ausgewählten Proben wurden die Gehalte der Stoffwechselprodukte TMA-N und DMA-N gemessen und mit den Gehalten in den Futtermitteln verglichen.

TMA-N und DMA-N Gehalte wurden aus dem Perchlorsäureextrakt gaschromatografisch nach einer modifizierten Methode von Oetjen und Karl (1999) bestimmt. Zur Herstellung des Perchlorsäureextraktes wurden 20 g Fischmus mit 180 ml 6 %iger (w/v) Perchlorsäure für 30 sec mit dem Ultra-Turrax homogenisiert, das Gemisch wurde filtriert und der klare Perchlorsäureextrakt bis zur Untersuchung bei  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

## *Chlororganische Rückstände*

Gemessen wurden sowohl 17 polychlorierte Dibenzodioxin- und Dibenzofurankongenere als auch 12 mono- und non-ortho-PCB, für die die WHO Toxizitätsäquivalenzfaktoren festgelegt hat. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, erfolgten die Probenahme und die Untersuchung nach der EU-Richtlinie für die amtliche Kontrolle von Dioxinen sowie zur Bestimmung von dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln (Richtlinie 2002/69/EG der Kommission vom 26.07.02). Gemäß der Richtlinie wurden Sammelproben aus jedem Betrieb analysiert. Die Bestimmung der Dioxine erfolgte mit GC-HRMS am Institut für Hygiene und Produktsicherheit der ehemaligen Bundesanstalt für Milchforschung in Kiel, die Bestimmung der dioxinähnlichen PCB mit GC/MS-MS am Institut für Fischqualität der BFA Fischerei.

## *Hemmstoffe*

Zur Überprüfung, ob in den Forellen bakteriostatisch wirksame Arzneimittel nachweisbar sind, wurde der für die amtliche Kontrolle empfohlene Agardiffusionstest auf Hemmstoffe (EEC-4-Plattentest) eingesetzt. Je Betrieb wurden wahllos zehn dem Gesamtpool entnommene Forellen untersucht. Getestet wurden das Muskelgewebe und der Presssaft.

## *Vitamin D, Carotinoide und Jod*

Die Gehalte an Vitamin D-, Provitamin D und die Carotinoid-Gehalte wurden im Muskelfleisch mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) quantitativ ermittelt.

Das Muskelfleisch von den 10 schwereren Fischen je Betrieb bildete jeweils Pool A und von den 10 leichteren Fischen Pool B. Von jedem Pool wurden in einer Doppelbestimmung der Vitamin D<sub>3</sub>- und Provitamin D<sub>3</sub>-Gehalt bestimmt.

Die Jodgehalte wurden ebenfalls in Poolproben aus dem Fleisch von 10 Fischen pro Betrieb ermittelt. Eingesetzt wurde ein gaschromatografisches Verfahren nach Karl et al. (2001).

## *Redoxpotential*

Die Messung des Redoxpotentials erfolgte im Presssaft der Filets von je 5 Fischen pro Zuchtbetrieb. Eingesetzt wurde eine Redoxelektrode der Firma Mettler-Toledo.



## 3. Ergebnisse

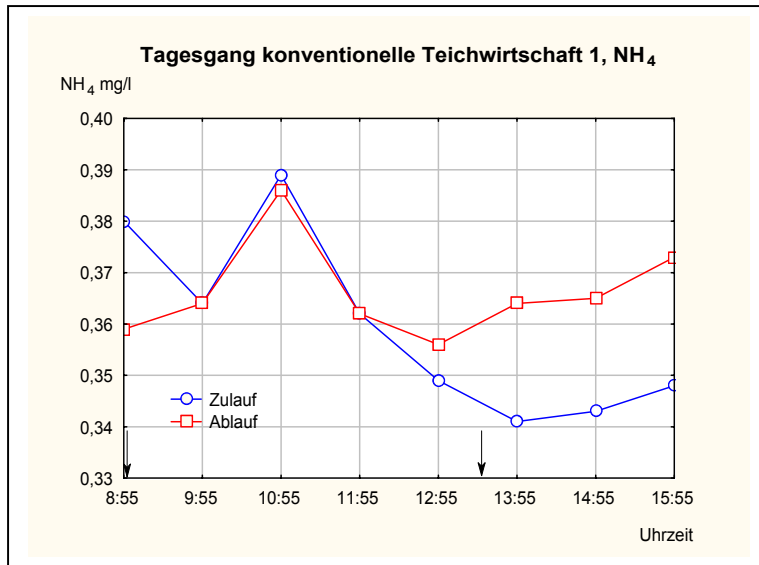
### 3.1 Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

#### 3.1.1 Untersuchungen der Zuchtbedingungen

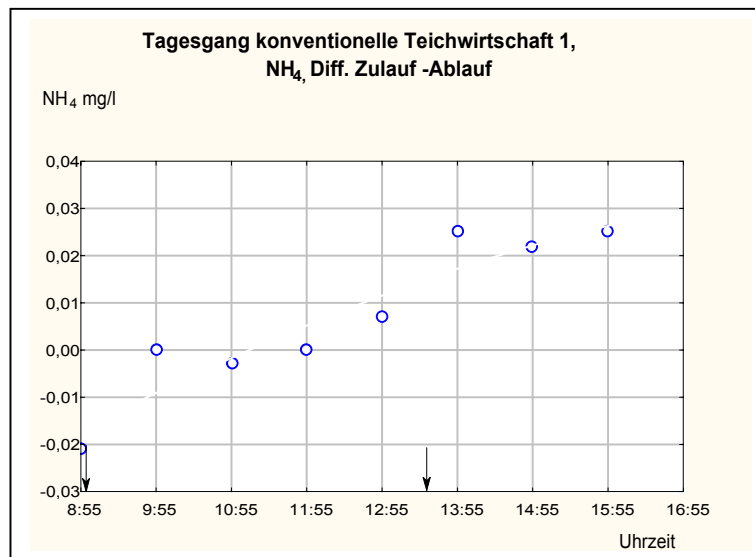
##### *A) Wasserchemische Untersuchungen an den Teichanlagen*

Die Verläufe der wasserchemischen Parameter in den 5 untersuchten Teichen sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Sie umfassen Ammonium, Nitrit, den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), ortho- und Gesamt – Phosphat sowie die Feststoffe. Die Fütterungszeiten sind durch Pfeile gekennzeichnet.

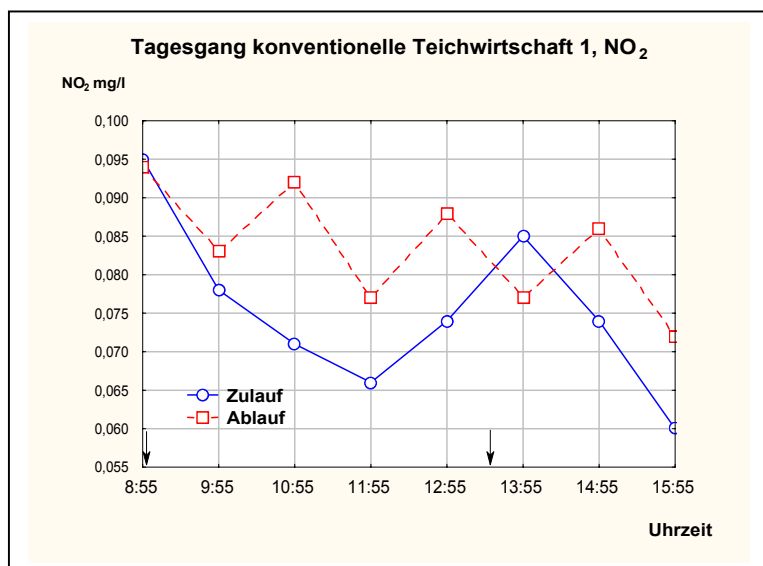
Die konventionell extensiv arbeitende TEICHWIRTSCHAFT 1 wurde am 8. April 2003 besucht. Die Wassertemperatur lag bei 6 °C, der pH bei 7,6, der Sauerstoff schwankte im Zu- und Ablauf zwischen 8 – 8,7 mg/l und die Leitfähigkeit betrug 440 µS/cm. Diese Teichwirtschaft besitzt, wie bereits oben erläutert, keinen Umlaufgraben, sondern das Wasser durchströmt einen Teich nach dem anderen. Der Ammoniumgehalt zeigte zwischen Zu- und Ablauf nur geringfügige Unterschiede, was sich auch in der zweiten Abbildung darstellt. Auch im Tagesgang war der Schwankungsbereich des Ammoniumgehaltes sehr gering zwischen 0,34 – 0,38 mg/l. Der Nitritgehalt lag wie bei allen untersuchten Teichwirtschaften auf einem niedrigen Niveau. Ähnlich wie mit dem Ammonium verhält es sich auch mit dem CSB. Er variiert im Zulauf zwischen 7 – 11 mg/l und liegt im parallel dazu verlaufenden Ablaufwert nur wenig höher. Diese Schwankungen im Zulauf, die auch bei anderen Teichwirtschaften gefunden wurden, sind im übrigen ein Beleg dafür, dass sich eine Überwachungsbeprobung nicht auf eine 2 h Probe stützen sollte, sondern eher eine 24 h Mischprobe angeraten ist. Das ortho-Phosphat zeigt eine Spitze in Abhängigkeit von der Fütterung, ebenso wie das Gesamt-Phosphat, die aber relativ schnell wieder abgebaut wird. Ersteres stellt den Verlauf des anorganisch gelösten Phosphors dar, die zweite Kurve erfasst auch den als Gesamt-Phosphat ausgedrückten gebundenen Phosphor mit. Ähnlich wie beim Phosphor verhält es sich auch mit den Feststoffen, bei denen natürlich immer eine gewisse zeitversetzte Parallelität festzustellen ist. Die Unterschiede von 2 – 5 mg/l zwischen Zu- und Ablauf sind als gering zu bezeichnen.



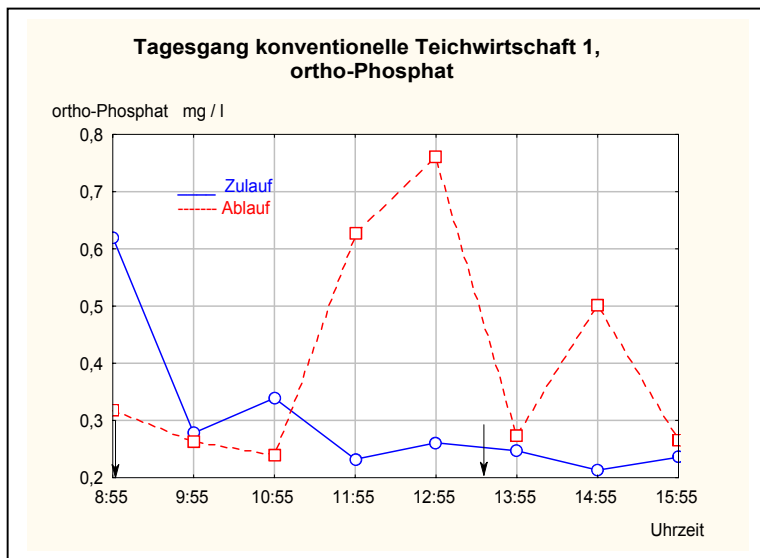
**Abb.1**



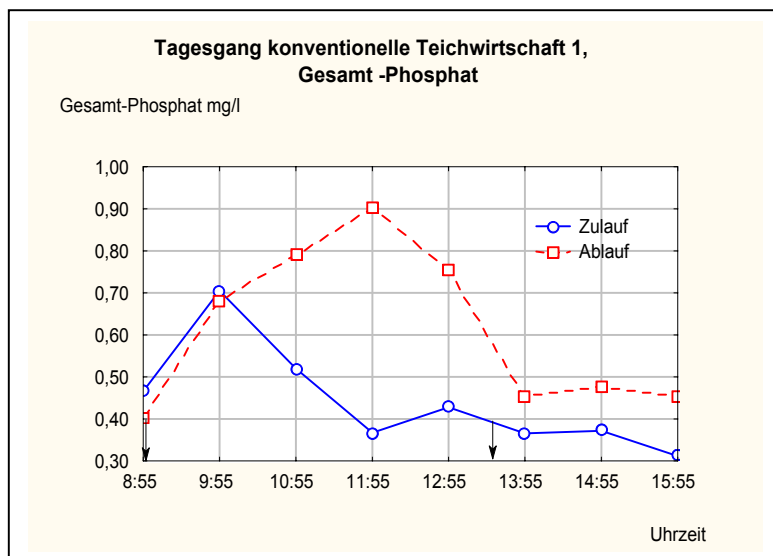
**Abb.2**



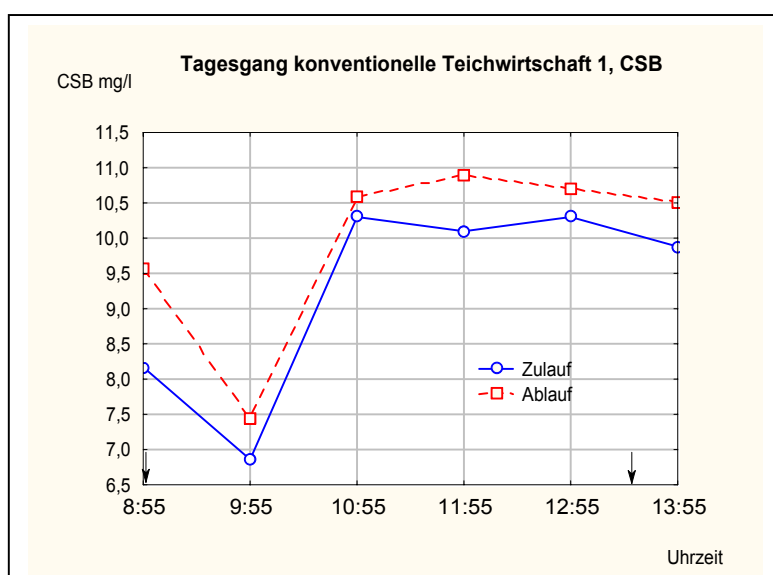
**Abb.3**



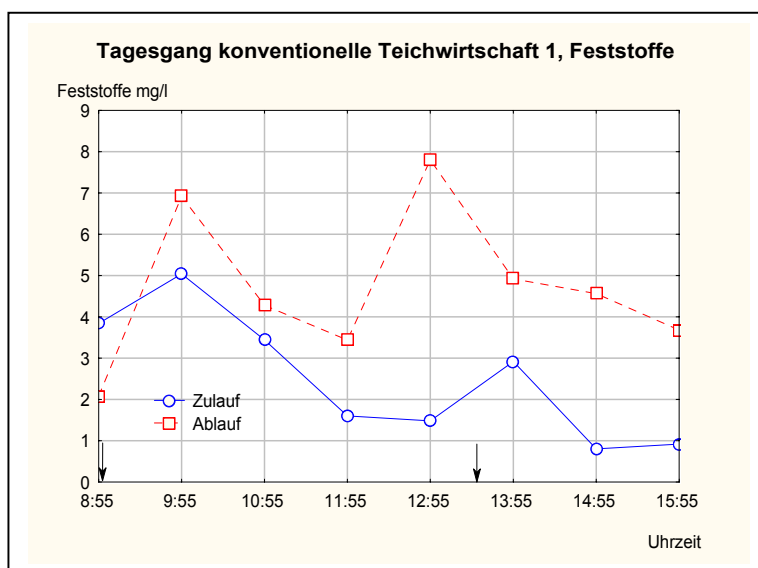
**Abb.4**



**Abb.5**

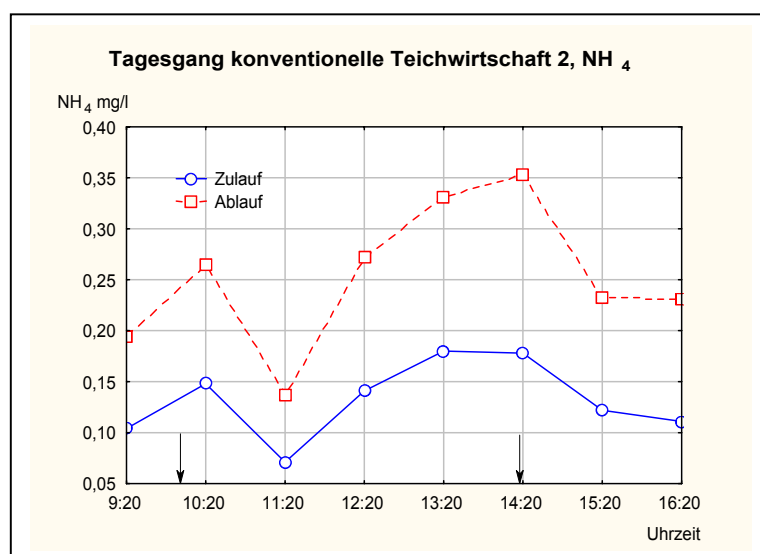


**Abb.6**

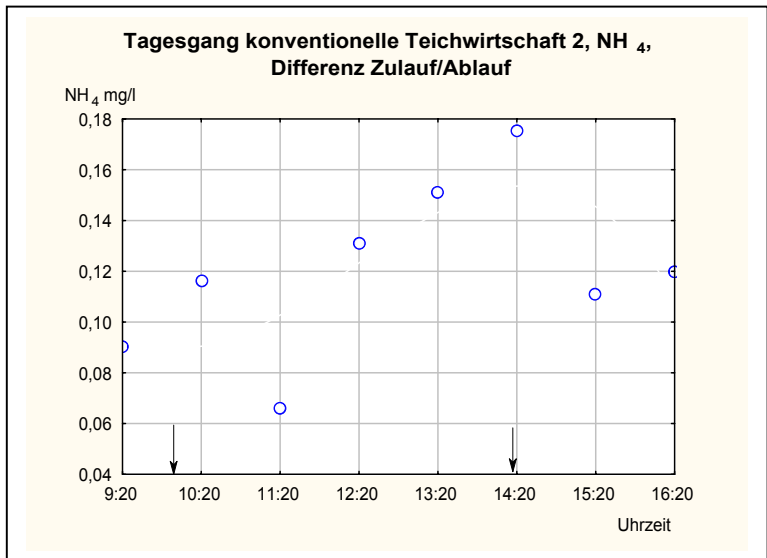


**Abb.7**

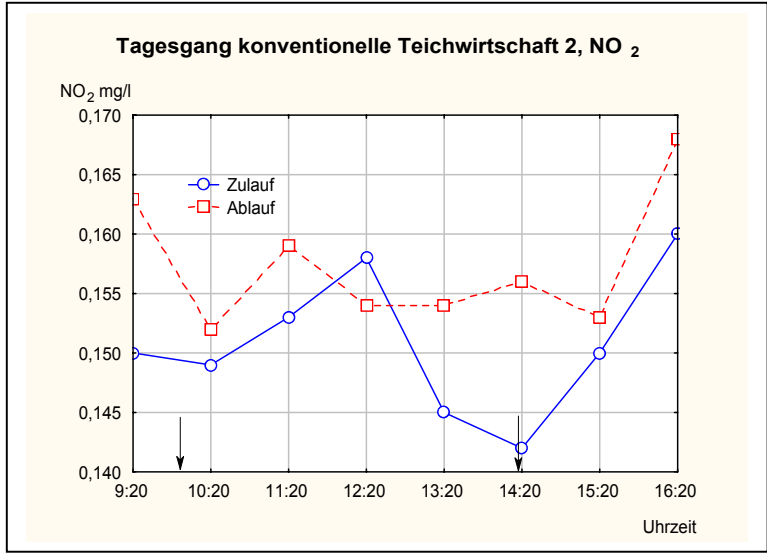
Die zweite, semi-intensiv arbeitende konventionelle Teichwirtschaft (TEICHWIRTSCHAFT 2) wurde am 31. Oktober 2002 beprobt. Die Wassertemperatur lag zu dieser Zeit bei 7 °C und schwankte nur wenig, da das zur Entnahme genutzte Fließgewässer vor der Teichwirtschaft zu einem größeren Teich aufgestaut war. Der Sauerstoffgehalt schwankte aufgrund der Zwangsbelüftung um 10 mg/l, die Leitfähigkeit lag bei 540 µS/cm und der pH etwas über 8, was eher ungewöhnlich ist. Der Ammoniumgehalt im Zulauf lag im Tagesverlauf stabil bei etwa 0,15 mg/l, im Ablauf war er um etwa 0,1 – 0,2 mg/l erhöht. Der Nitritgehalt lag höher als in allen anderen Anlagen, was auf das Zulaufwasser zurückzuführen ist. Auch der CSB war schon im Zulauf deutlich höher als in den anderen Anlagen. Das Wasser stammte aus einem moorigen Gebiet und wies eine erhebliche Braunfärbung auf. Ortho – und Gesamtphosphat zeigen wiederum das übliche Bild eines kurzen schnellen Anstiegs mit nachfolgendem Abfall nach der Fütterung. Die Feststoffe folgen diesem Muster nicht ganz.



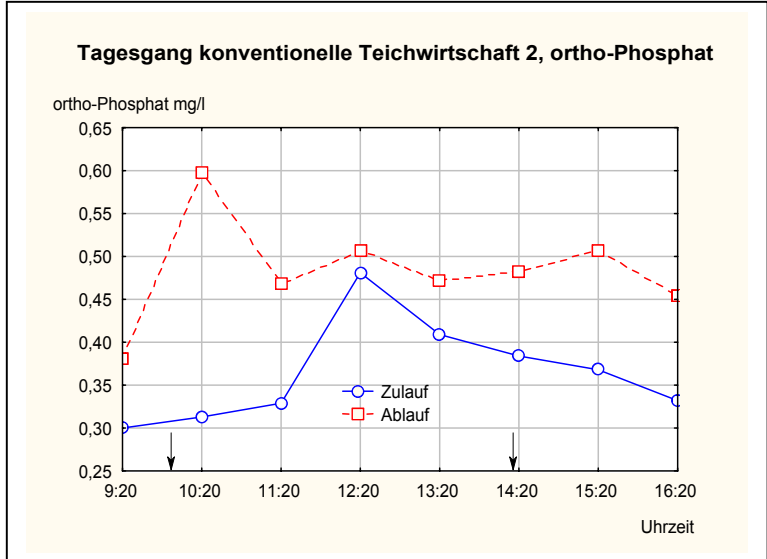
**Abb.8**



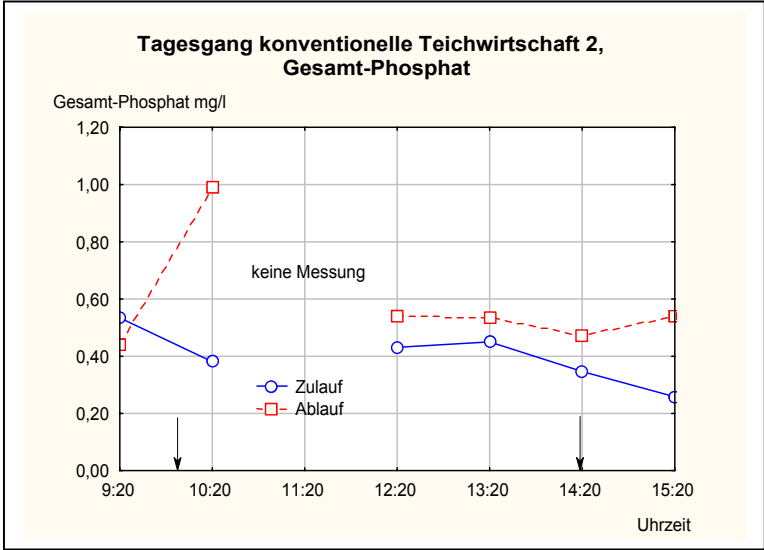
**Abb.9**



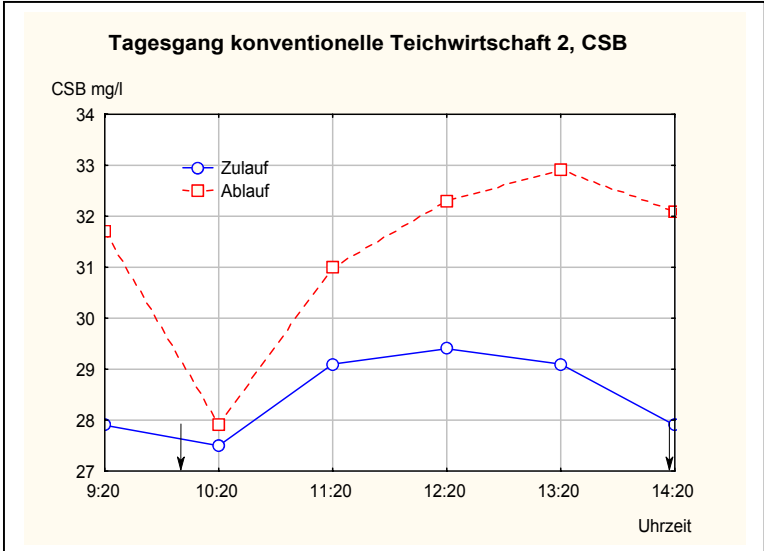
**Abb.10**



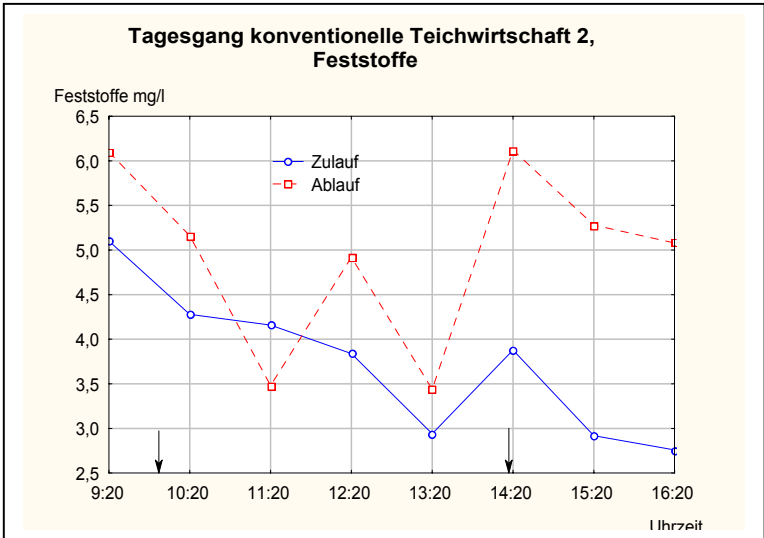
**Abb.11**



**Abb.12**



**Abb.13**



**Abb.14**

Bei der dritten untersuchten, intensiv arbeitenden konventionellen Teichwirtschaft (TEICHWIRTSCHAFT 3), die am 23. April 2003 besucht wurde, betrug die Wassertemperatur etwa 10 °C, der Sauerstoffgehalt schwankte zwischen etwa 11 – 15 mg/l, die Leitfähigkeit betrug 580 µS/cm und der pH 7,4. Der Ammoniumgehalt nahm im Tagesverlauf im Zulauf von 0,15 auf 0,4 mg/l stetig zu. Die Ablaufwerte entwickelten sich parallel dazu um im Mittel etwa 0,14 mg/l erhöht. Der CSB lag im Zulauf im ähnlichen Bereich wie bei der ersten Teichwirtschaft und zeigte ebenfalls Schwankungen im Tagesverlauf, die aber nicht wie im ersten Fall durch das vorherige Durchfließen von anderen Fischteichen zu erklären sind. Ortho- und Gesamtphosphat zeigen einen gleichartigen Kurvenverlauf, der durch einen Anstieg am Morgen und später im Tage durch einen eher parallelen Verlauf gekennzeichnet ist. Die Feststoffe schließen sich dem an. Die Werte und auch die Aufhöhungen liegen höher als in den anderen Teichwirtschaften. Es sei jedoch daran erinnert, dass in diesem Fall die Probennahme innerhalb einer Produktionseinheit erfolgte, das Wasser also noch in keiner Weise einer Behandlung unterzogen worden war, sondern dies erst in einem nachgeschalteten Trommelfilter geschieht. Durch eine derartige mechanische Behandlung des ablaufenden Wassers werden im Mittel 40 % der unerwünschten Stoffe entnommen (Eichholz, 1997).

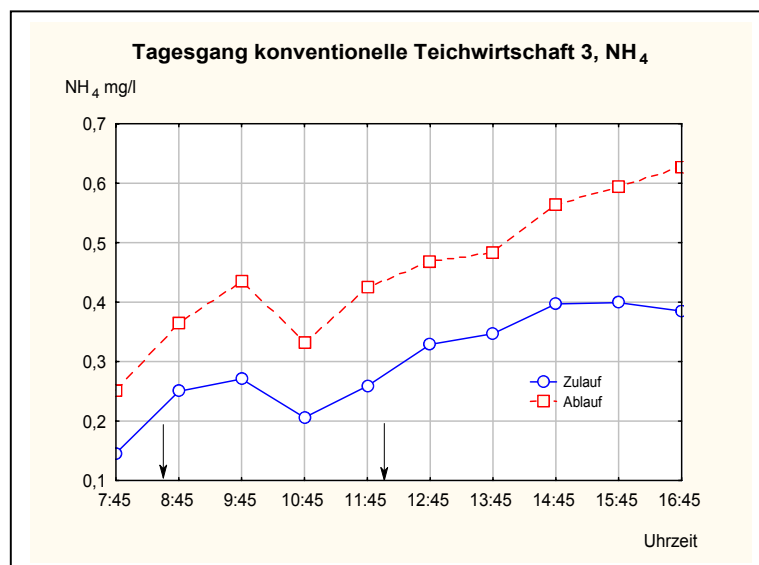


Abb.15

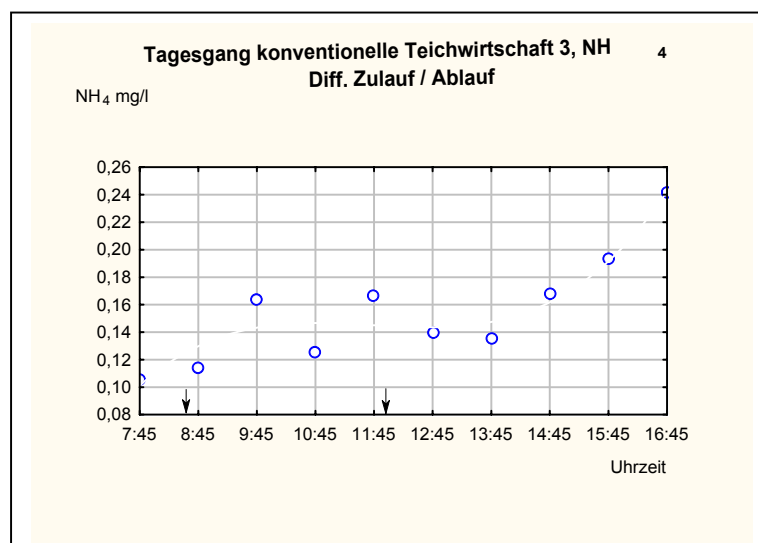


Abb.16

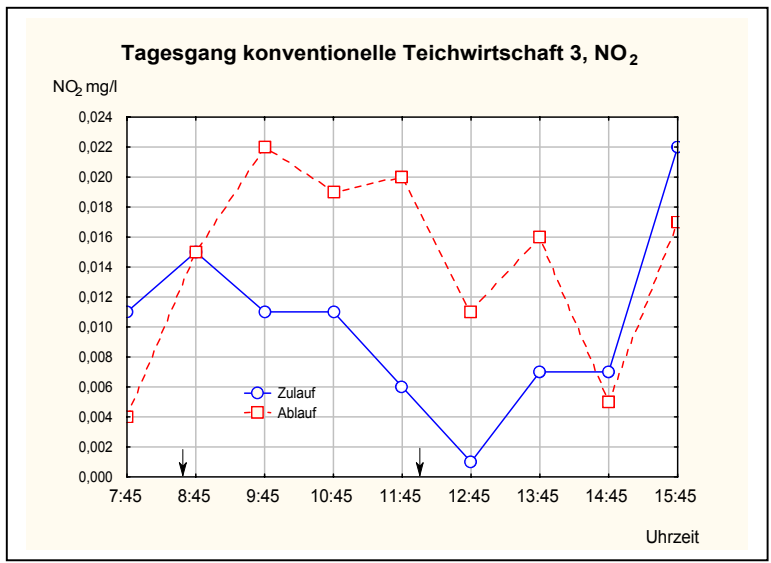


Abb.17

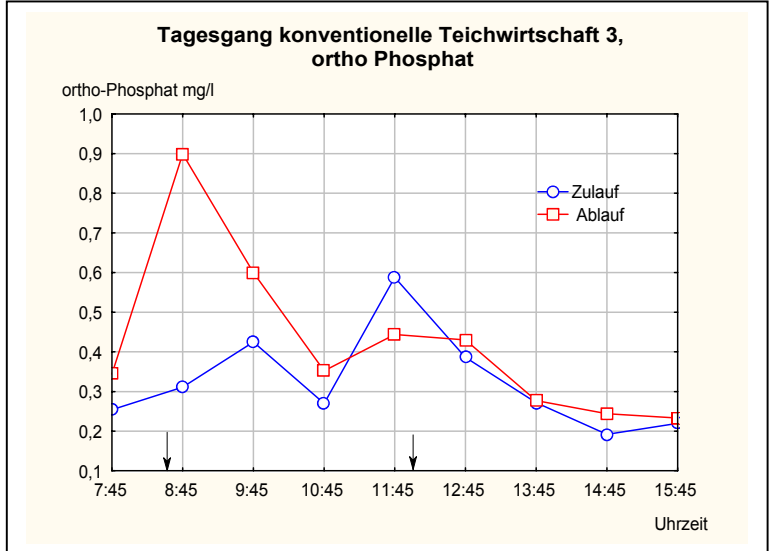


Abb.18

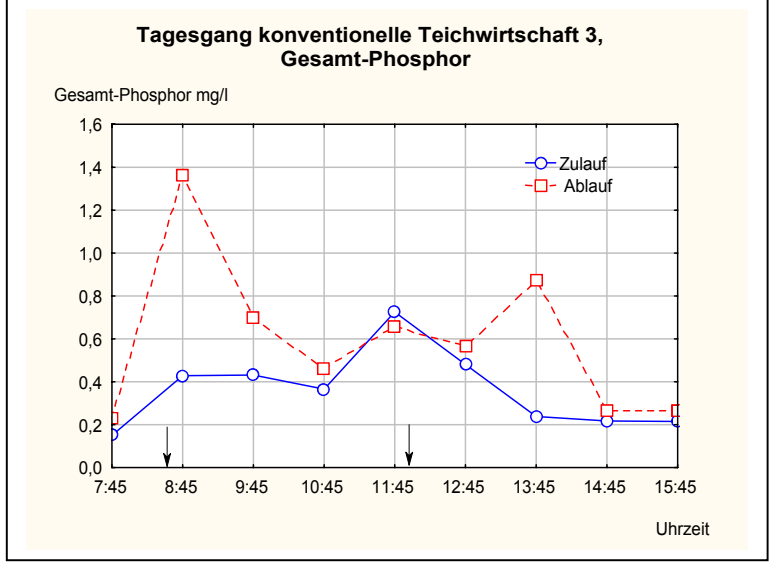
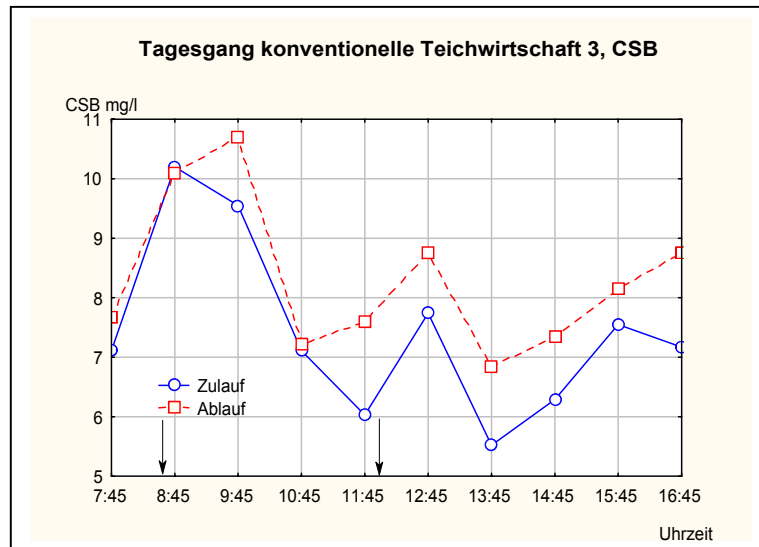
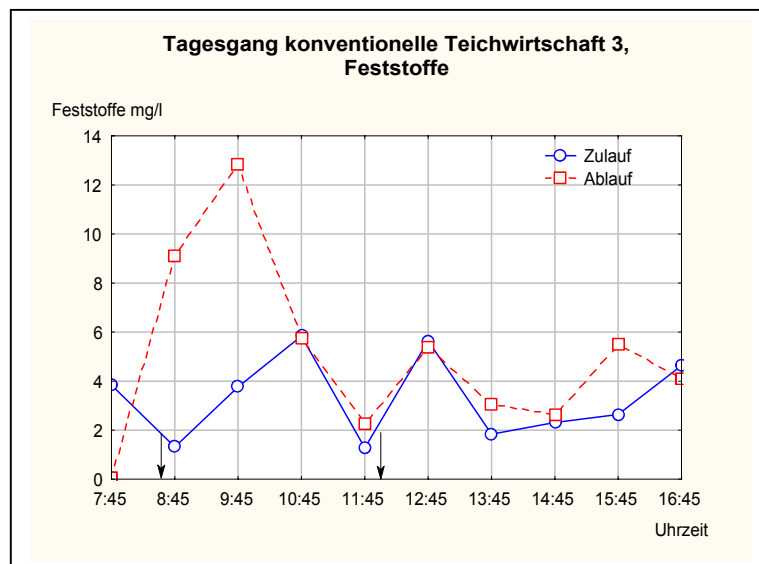


Abb.19



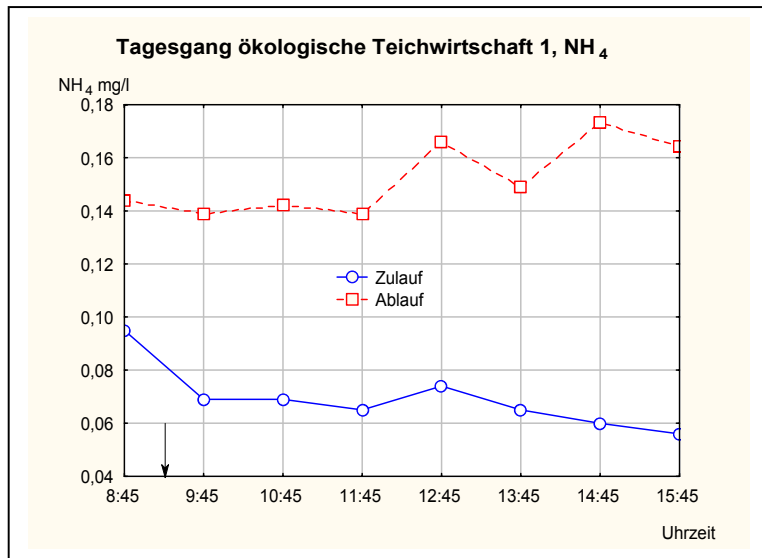


**Abb.20**

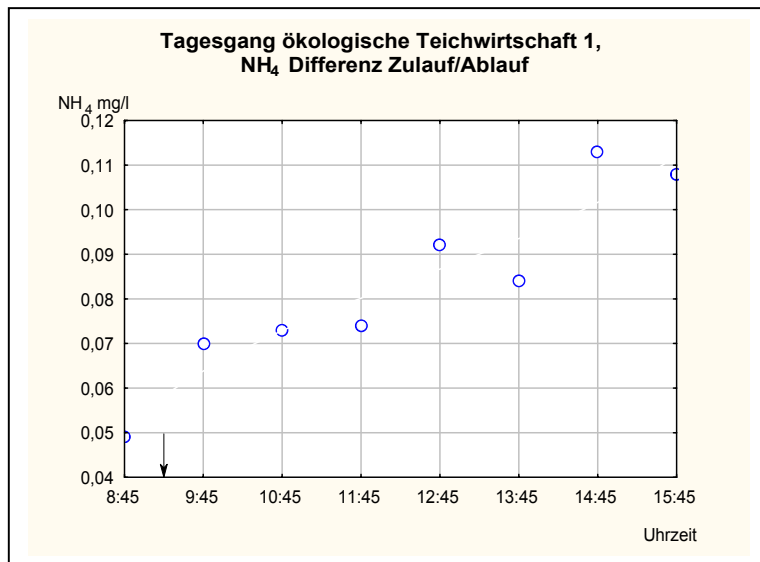


**Abb.21**

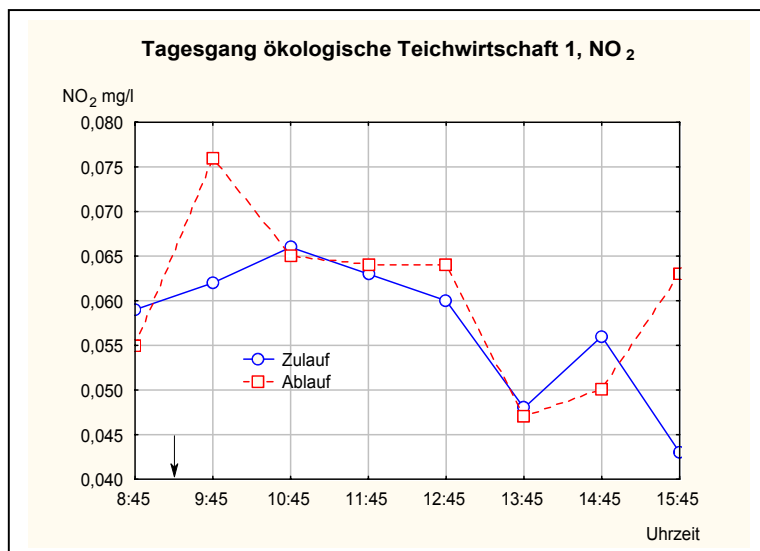
Der Besuchstermin für die ÖKOTEICHWIRTSCHAFT 1 war der 30. Oktober 2003. Das aus einem Fließgewässer entnommene klare Zulaufwasser hatte 10 °C Temperatur, einen Sauerstoffgehalt von 8 – 9 mg/l und eine Leitfähigkeit von 270 µS/cm. Der pH betrug 7,9. Sämtliche gemessenen Werte – also auch die im Zulaufwasser – sind als niedrig zu bezeichnen. Das gleiche gilt für die Aufhöhungen. Dies ist bei der geringen Besatzdichte nicht verwunderlich. Der Anstieg der Feststoffe war von der Fütterung, die erst gegen die Mittagszeit erfolgte, unabhängig, sondern, da es sich um besonnte Teiche handelte, eher eine Folge der mit der Sonneneinstrahlung zunehmenden Aktivität der Forellen.



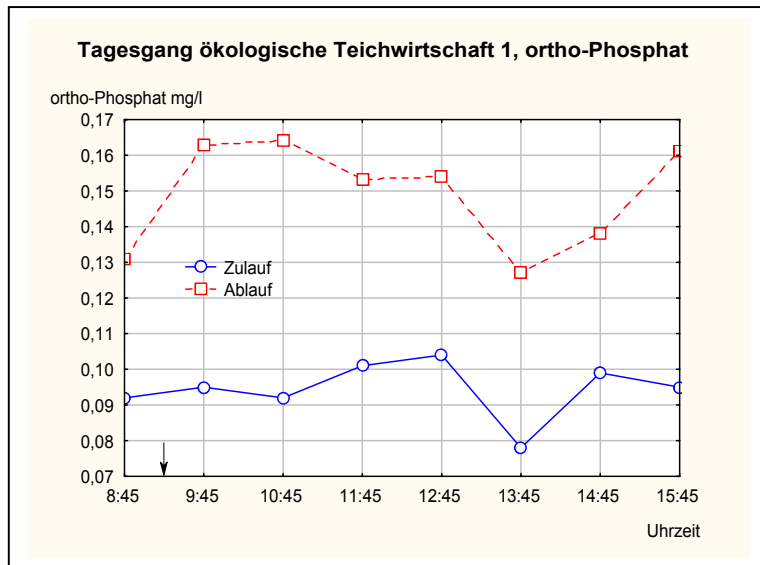
**Abb.22**



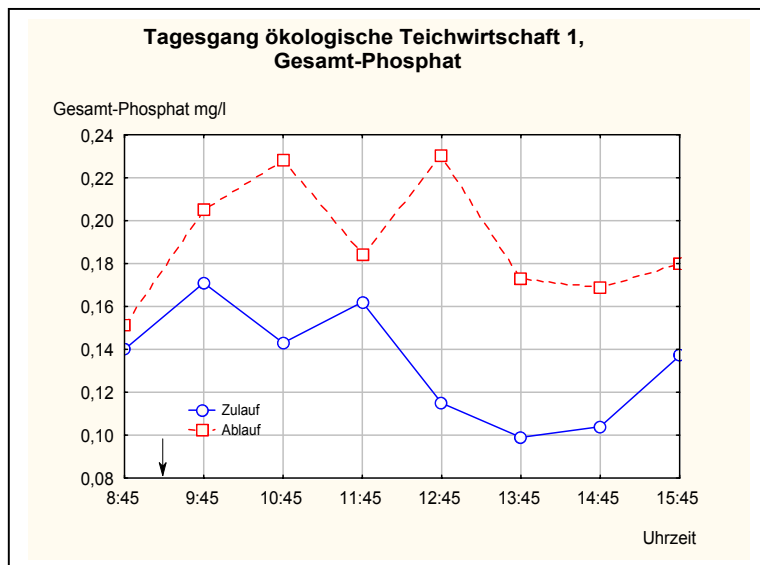
**Abb.23**



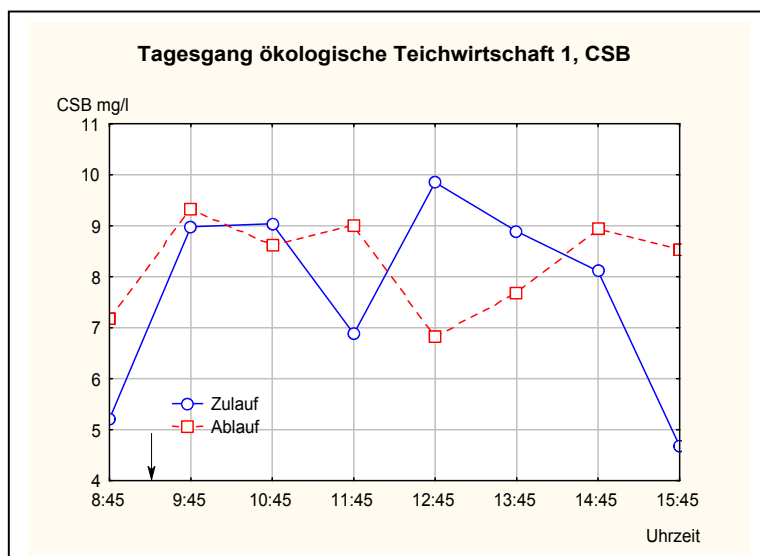
**Abb.24**



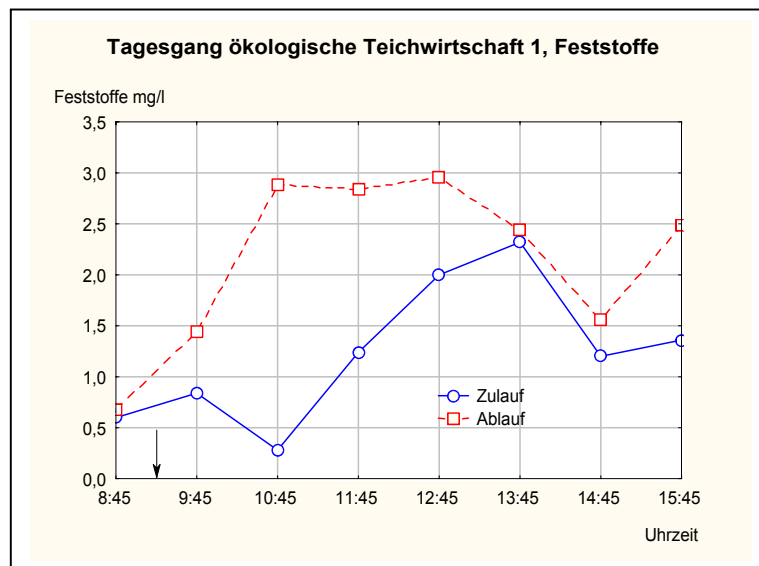
**Abb.25**



**Abb.26**

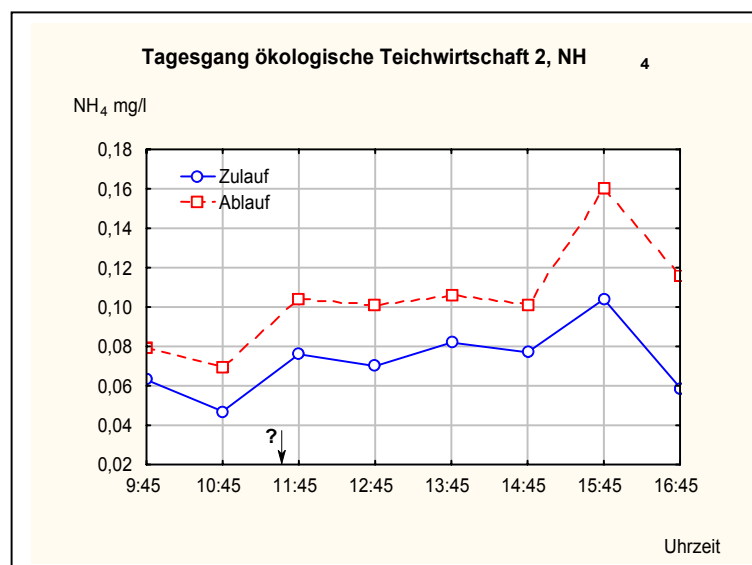


**Abb.27**



**Abb.28**

Die Werte der ÖKOTEICHWIRTSCHAFT 2, die am 27. November 2002 besucht wurde, sind wie bereits oben gesagt, nicht direkt zu verwenden, da sich die Forellen nicht mehr im Teich, sondern bereits im Umlaufgraben befanden und der entsprechende Teich daher nicht beprobt werden konnte. Die im Folgenden dargestellten Kurven geben einen Eindruck über das wasserchemische Geschehen in einem Teich, der mit Jungfischen besetzt war.



**Abb.29**

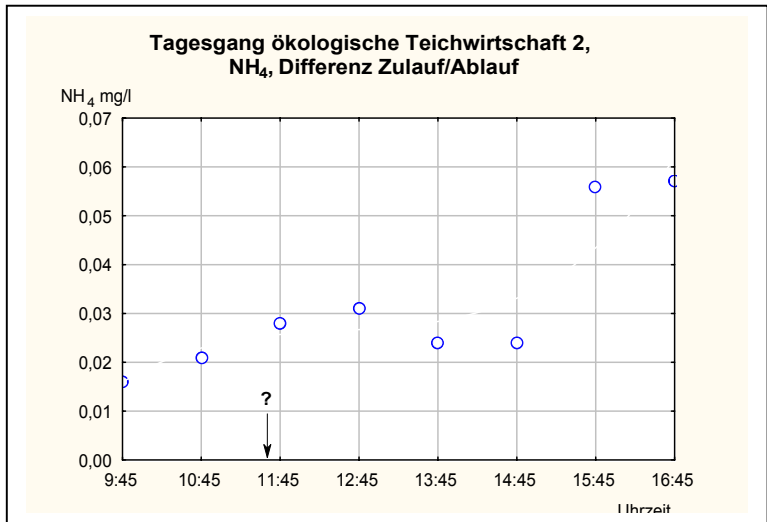


Abb.30

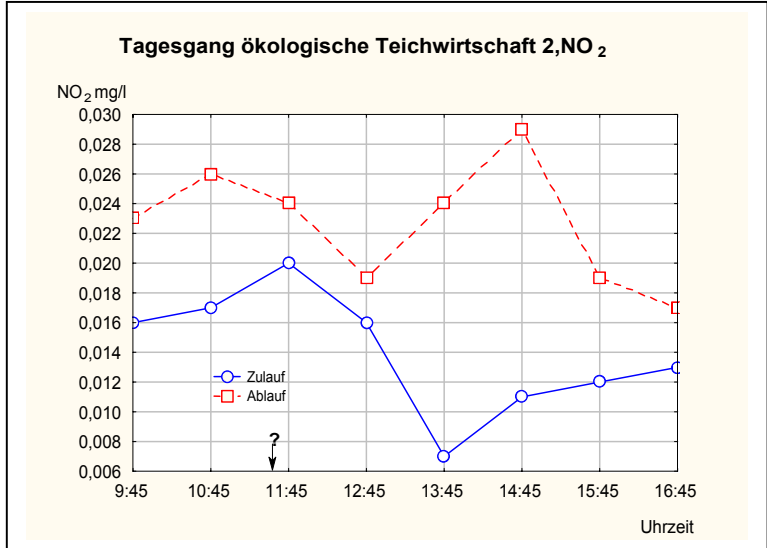


Abb.31

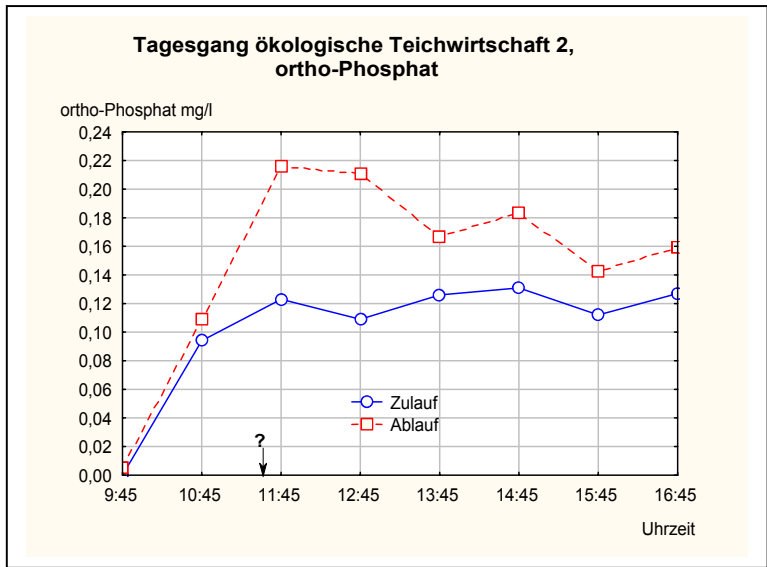


Abb.32

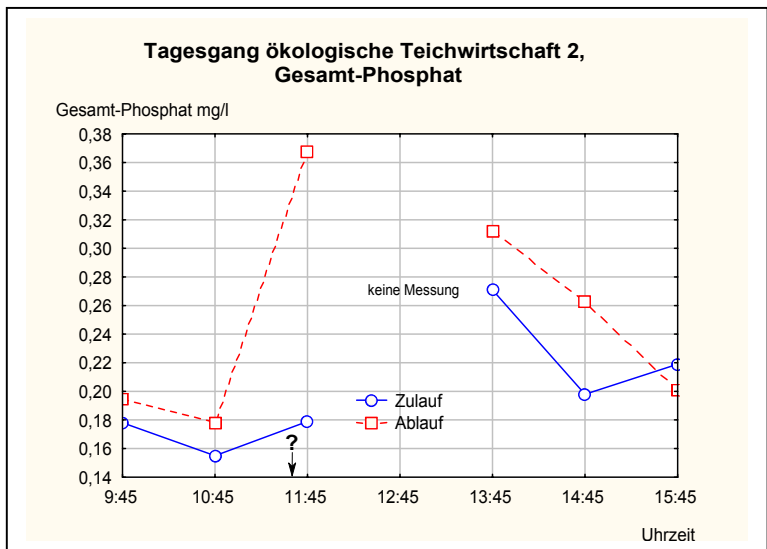


Abb.33

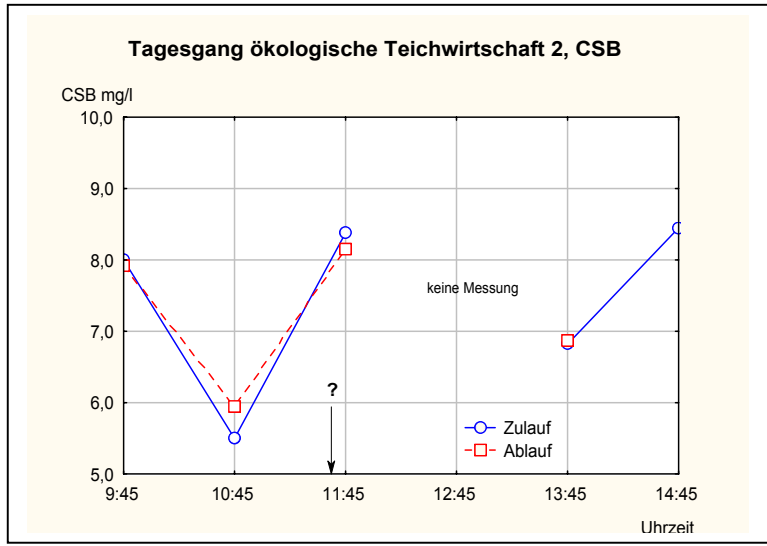


Abb.34

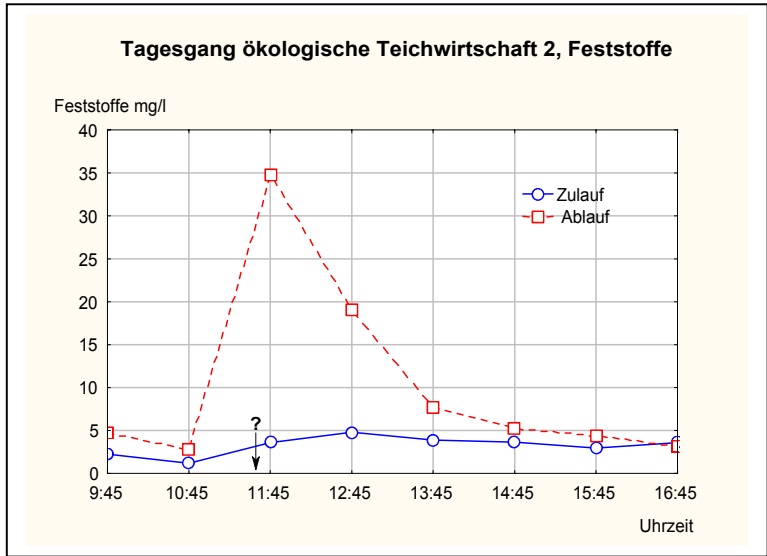


Abb.35

Tagesgänge sind Momentaufnahmen. Sie reflektieren die Situation im Teich nur zum Zeitpunkt der Probennahme. Aufgrund des Verhältnisses von Wasservolumen im Teich zur Wasseraustauschrate, die einen rechnerischen Austausch von zumeist ein bis zu mehreren Tagen ergibt, reicht eine stündliche Probennahme aus, um ein vernünftiges Bild von den wasserchemischen Änderungen während eines Tages im Teich zu erhalten. Gemessen werden Konzentrationen, die allerdings nur ein Bild in Abhängigkeit von der Wasserdurchflussmenge liefern, die vorhanden ist, um die Stoffe abzuführen. Ein korrekteres Bild ergäbe sich aus der Berechnung der Frachten. Dazu wird allerdings eine genauere Bestimmung der Wasserdurchflussmenge benötigt, die so nicht zur Verfügung stand.

### *B) Vergleichende Futtermittelversuche mit ökologisch zertifizierten und konventionellen Futtermitteln*

#### Futtermittelversuch 1

Es wurde ein konventionelles gegen ein Ökofutter (Inhaltsstoffe siehe Tab.1) in jeweils drei Wiederholungen getestet, die zu Versuchsbeginn keine signifikanten Unterschiede untereinander zeigten. Ausgehend von einem Stückgewicht von gut 28 g erreichten die Versuchsfische nach 8 Wochen Versuchsdauer ein Endgewicht von gut 71 g für das konventionelle und knapp 59 g für ökologisch zertifizierte Futter. Dies stellt einen signifikanten Unterschied dar. Dieses bessere Ergebnis für das konventionelle Futter zeigt sich ebenso in den Werten für die Futtermittelverwertung (FQ) von 0,78 bzw. 1,01. Auch die Proteinausnutzung ist besser, dargestellt als PER (protein efficient ratio). Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 2 und die Ganzkörperanalysen in Tab. 3 zusammengefasst.

Tab. 1: Gehalte (%) an Inhaltsstoffen (nach Angaben der Hersteller)

	<b>Ökofutter 1</b>	<b>Kon. Futter 1</b>
Rohprotein	54,5 - 55,5	46
Rohfett	11,5 - 12	26
Kohlenhydrate		9,9
Rohasche	21 - 22	9,5
Rohfaser	0,4 - 0,45	0,6
Phosphor	2,3 - 2,4	1,0

Tab. 2: Ergebnisse aus Futtermittelversuch 1

	<b>Kon. Futter 1</b>	<b>Ökofutter 1</b>
Mittl. Einzelgewicht Versuchsbeginn (g)	28,3	28,4
Mittl. Einzelgewicht Versuchsende (g)	71,4 ***	58,9 ***
Mittl. Zunahme Einzelfisch (g)	43,1	30,3
Mittl. Futtermittelverzehr pro Fisch (g)	33,5	30,7
Futterquotient	0,78	1,01
PER*	2,79	1,83
PPW** (%)	45,1	28,0

\* Protein efficient ratio - Verhältnis von Zuwachs zu verfütterter Proteinmenge

\*\* Produktiver Proteinwert - prozentualer Anteil des im Tierkörper eingebauten Futtermittelproteins

\*\*\* Im t – Test unterschieden sich die Endgewichte auf dem 5% - Niveau signifikant voneinander

Tab. 3: Ganzkörperanalysen (%) aus Futtermittelversuch 1, jeweils drei Fische gepoolt

	<b>Kon. Futter 1</b>	<b>Ökofutter 1</b>
Wasser	71,8	73,6
Asche	2,2	2,4
Rohfett	10,2	8,0
Rohprotein	15,7	15,3

#### Futtermittelversuch 2

Auch hier unterschieden sich die jeweils drei Wiederholungen pro Futter zu Versuchsbeginn nicht signifikant voneinander. Dagegen gab es zu Versuchsende deutliche Unterschiede zwischen allen drei Futtermitteln. Dabei lag das zweite konventionelle Futter zwischen dem bereits getesteten konventionellen Futter und dem zweiten Ökofutter. Die Werte zu FQ und PER bestätigen dieses Ergebnis. Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 5, die Körperanalysen in Tab. 6 dargestellt.

Tab. 4: Gehalte (%) an Inhaltsstoffen (nach Angaben der Hersteller)

	<b>Ökofutter 2</b>	<b>Kon. Futter 1</b>	<b>Kon. Futter 2</b>
Rohprotein	48	46	48
Rohfett	16	26	19
Kohlenhydrate		9,9	16,7
Rohasche	13	9,5	9,2
Rohfaser	1	0,6	1,6
Phosphor	1,5	1,0	1,2



Tab. 5: Ergebnisse aus Futtermittelversuch 2

	<b>Kon. Futter 1</b>	<b>Kon. Futter 2</b>	<b>Ökofutter 2</b>
mittl. Einzelgewicht Versuchsbeginn (g)	20,5	20,5	20,5
mittl. Einzelgewicht Versuchsende (g)	48,7 *	38,1 *	33,5 *
mittl. Zunahme Einzeltier (g)	28,2	17,6	13
mittl. Futtermittelverzehr Einzeltier (g)	22,1	20,9	19,8
Futtermittelquotient	0,78	1,19	1,52
PER	2,67	1,75	1,37
PPW (%)	37,1	26,5	18,9

\* Im t-Test unterschieden sich alle 3 Futtermittel auf dem 5%-Niveau signifikant voneinander

Tab. 6: Ganzkörperanalysen (%) aus Futtermittelversuch 2, jeweils 3 Fische gepoolt

	<b>Kon. Futter 1</b>	<b>Kon. Futter 2</b>	<b>Ökofutter 2</b>
Wasser	69,6	70,3	72,9
Rohasche	2,2	2,5	2,6
Rohfett	12,5	11,4	8,8
Rohprotein	15,1	15,8	15,9

Insgesamt zeigen die Ergebnisse aus beiden Versuchen eine deutliche Überlegenheit der konventionellen Futtermittel gegenüber den Ökofuttermitteln. Zu diesem Ergebnis war auch bereits Wedekind (2003) gelangt. Die hohe Leistung der konventionellen Futtermittel, beruhend auf einer intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit in den vergangenen 20 Jahren, ist nichts Neues. Ebenso kann man aus den Angaben zur Rohnährstoffzusammensetzung der Hersteller der Ökofuttermittel die Vermutung zu einer geringeren Leistung ableiten, die dann in den Versuchen bestätigt wird. Der Grund liegt für beide Futtermittel in einem schlechteren Protein-/ Energieverhältnis, das sich in den niedrigeren Rohfettgehalten von 12 % bzw. 16 % ausdrückt. Auf die Bedeutung einer hohen Fettzulage in Futtermitteln für Salmoniden war bereits oben eingegangen worden. Ein weiterer Grund liegt in Ökofutter 1 in dem extrem hohen Aschegehalt, der auf eine Verwendung von Resten aus der Speisefischherstellung schließen lässt. Derartige Reste sind wohl nur nach vorhergehender Entgrätung zu verwenden, will man bessere Ergebnisse erzielen. Denn schließlich ist die schlechtere Leistung der beiden Ökofuttermittel zugleich mit einer höheren Umweltbelastung verbunden, darstellbar als höhere Stickstoffausscheidung. Darüber hinaus fällt der heutzutage unübliche erhöhte (1,5 %) bis sehr hohe (2,3 – 2,4 %) Phosphorgehalt beider Futtermittel auf. Konventionelle Futtermittel enthalten zumeist 0,9 – 1,2 % P. Da Forellen nur etwa 0,4 – 0,5 % P aus dem Futter aufnehmen, wird der Rest dem Wasser zugeführt und trägt zusammen mit dem Stickstoff zu einer Belastung des Wassers bei, die gerade bei den eutrophierenden Stoffen soweit wie möglich vermieden werden sollte. Das Wissen zur Vermeidung dieser unnötigen Düngung ist jedoch vorhanden.

Die Futter wurden nach den Vorgaben von Richtlinien hergestellt, die auf ihre Sinnhaftigkeit zu überprüfen wären. Ein zweiter Grund liegt in den technologischen Rahmenbedingungen der Futterherstellung. Früher erlaubten die Richtlinien nur die Nutzung pelletierten, nicht aber extrudierten Futters. Letzteres herzustellen bleibt zumeist größeren Firmen aufgrund der teuren Ausrüstung überlassen. Insofern ist möglicherweise mit verbesserten Futtern in der Zukunft zu rechnen, sollten große Firmen sich der Produktion von Ökofuttern annehmen.

### *C) Futtermittelbedingte Ammonium – Exkretion*

Forellenteichwirtschaften sind üblicherweise offene Systeme, die das zur Verfügung stehende Wasser nur einmal nutzen bzw. nur zu einem geringen Teil wiederholt verwenden. Das ablaufende Wasser enthält feste und gelöste Substanzen, unter ihnen auch Phosphor- und Stickstoffverbindungen, die aufgrund ihrer eutrophierenden Eigenschaften eine besondere Aufmerksamkeit erfahren. Sie stammen aus dem Futter, das von den Fischen aufgenommen und verstoffwechselt wird. Der aus dem Futterprotein stammende Stickstoff wird ganz überwiegend als Ammonium über die Kiemen wieder ausgeschieden und liegt im Wasser pH – Wert abhängig zu einem geringen Teil als toxisches Ammoniak vor. Andere Stickstoffverbindungen wie Harnstoff spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Aufgrund dieser überragenden Rolle des Ammoniums muss es das Bestreben sein, die Menge des in dieser Form wieder ausgeschiedenen Stickstoffs zu begrenzen. Dies ist in ganz entscheidendem Maße in den vergangenen 2 Jahrzehnten durch Fortschritte in der Futtermittelentwicklung gelungen. Zwei Punkte waren dabei besonders bedeutsam. Zum einen konnte durch die Verwendung eines qualitativ hochwertigen Fischmehls – allein Fischmehl besitzt ein den Bedürfnissen der Fische angepasstes qualitatives und quantitatives Aminosäurespektrum – ein hoher Ausnutzungsgrad des gegebenen Proteins erreicht werden. Zum andern kann, entgegen früherer Lehrmeinung, ein größerer Teil des Betriebsstoffwechsels von Fischen über das Fett abgedeckt werden und nicht allein über das Eiweiß. Endprodukte des Fettstoffwechsels sind Wasser und Kohlendioxid, während es bei Eiweiß, wie oben schon erwähnt, das Ammonium ist. Eine Erhöhung des Fettanteils im Futter geht damit automatisch mit einer Verringerung des Proteinanteils im Futter einher, der zudem primär für den Muskelansatz zur Verfügung steht. Durch diese Neuerungen in der Futtermittelformulierung gelang es den Anteil des wieder ausgeschiedenen Stickstoffs im Vergleich zu den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts um über 2/3 zu senken. Die gewässerschonende Rolle derartiger Futter ist also offensichtlich und es ist klar, warum soviel Wert auf die Verwendung dieser hochwertigen, energiereichen Futter gelegt wird. In manchen Verordnungen zur fachgerechten Fischzucht ist ihre Verwendung sogar vorgeschrieben.

Die Verdauung des Futters beginnt direkt nach der Aufnahme und entsprechend wird zunehmend Ammonium vom Fisch ausgeschieden. Dieser Prozeß läuft über mehrere Stunden ab und kann durch Messung des im Wasser vorhandenen Ammoniums gezeigt werden. Dabei nimmt die Konzentration dieses Stoffwechselendproduktes über einen Zeitraum von etwa 8 – 10 h zu, um danach wieder abzufallen. Der Verlauf dieser im Tagesgang aufgenommenen Kurve ist futtermittelspezifisch und hängt im übrigen vom Körpergewicht des Fisches, der gegebenen Futtermenge, der Wassertemperatur und weiteren Parametern ab. Die Fläche unter der Kurve entspricht der ausgeschiedenen Ammoniummenge und ist ein Maß für die Qualität des Futters hinsichtlich einer Umweltbelastung. Diese Belastung sollte bei jeder angewendeten Fischproduktionstechnologie möglichst gering gehalten werden.

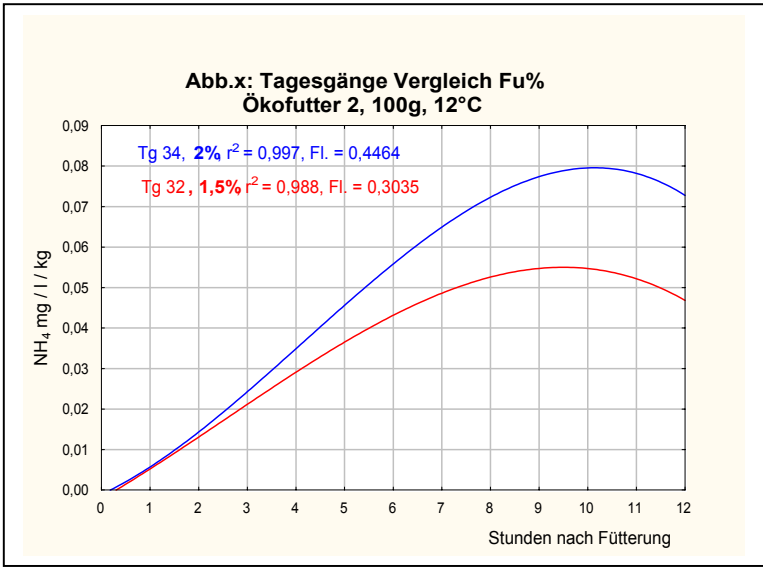


Abb.36

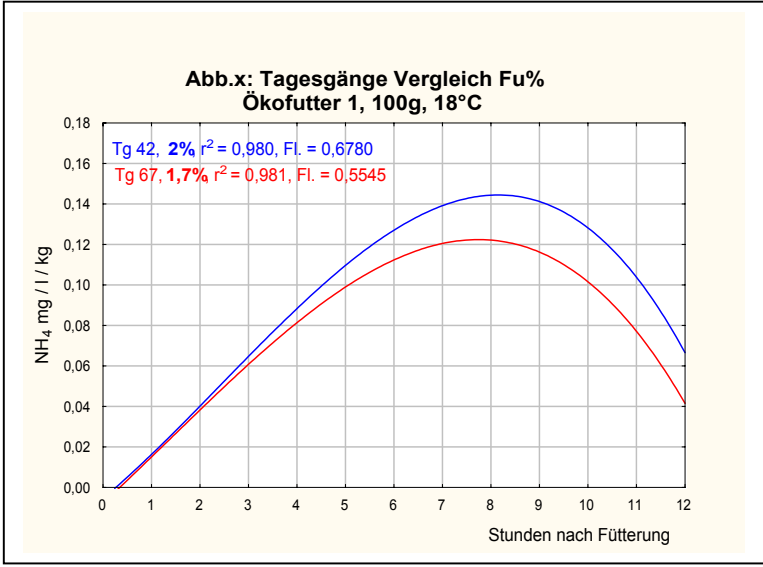


Abb.37

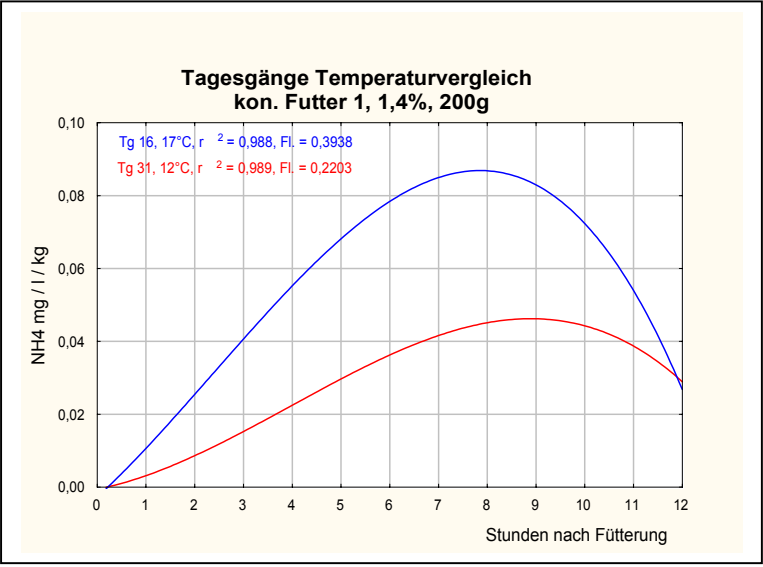
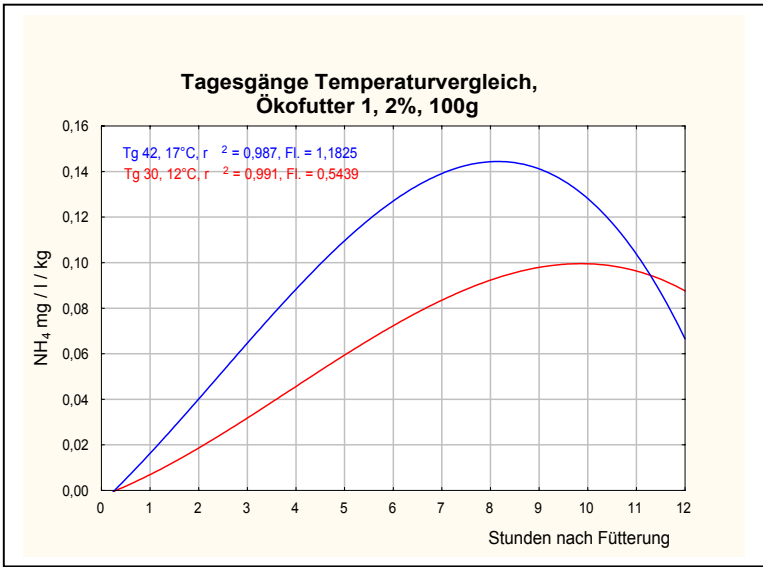
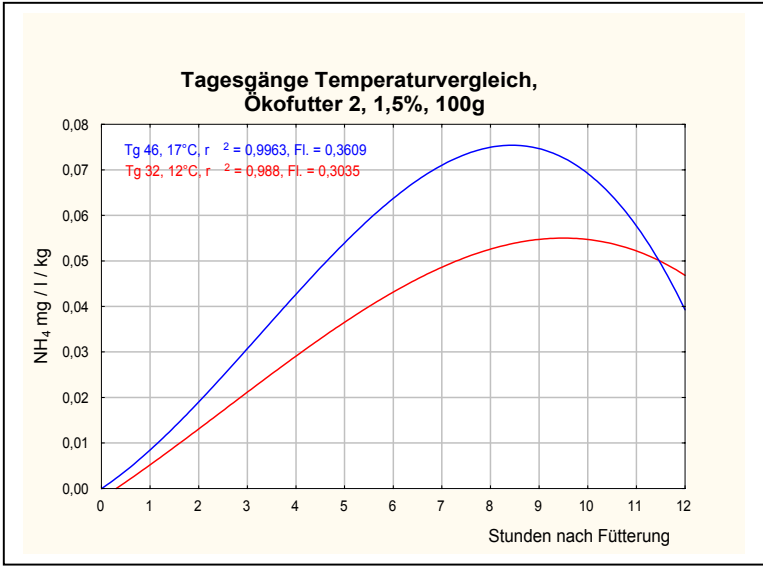


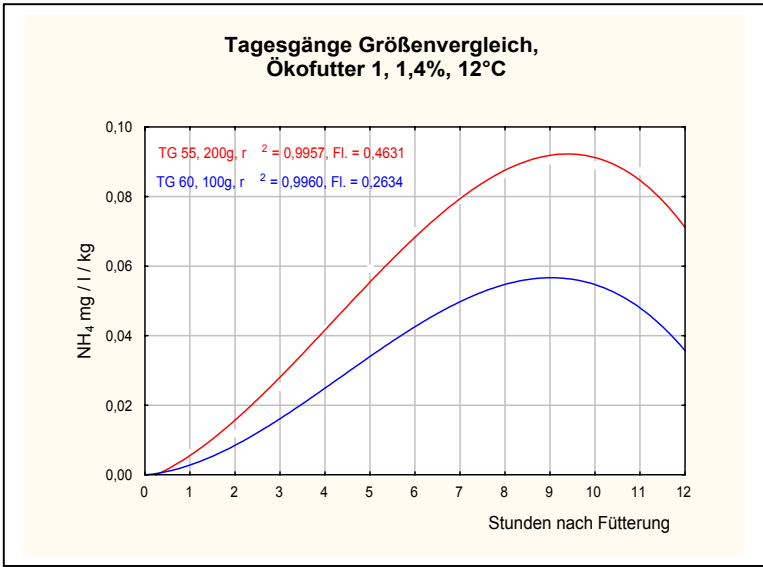
Abb.38



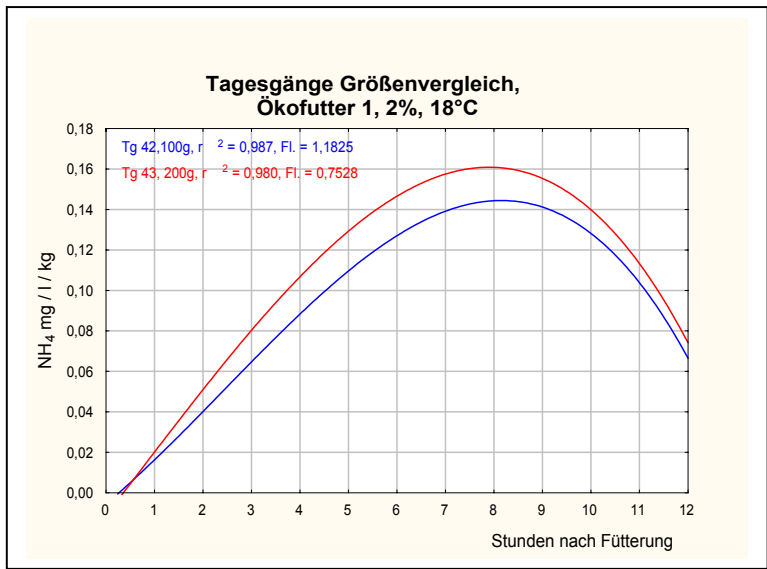
**Abb.39**



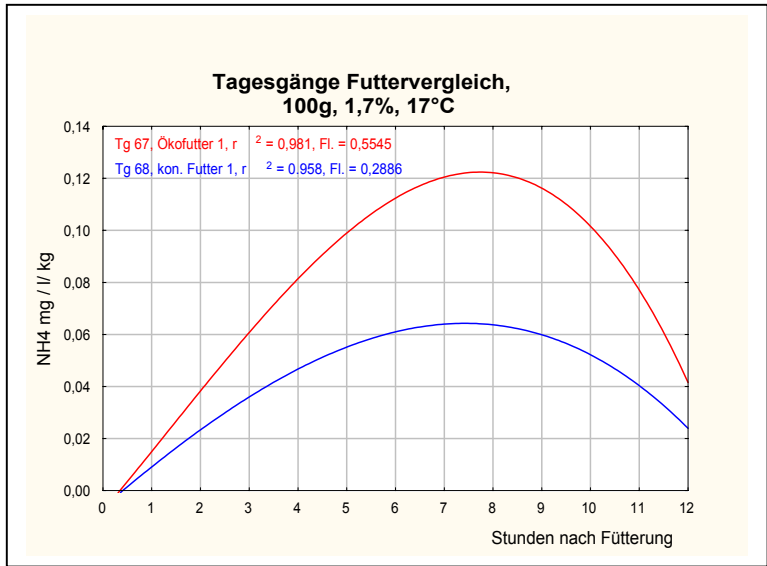
**Abb.40**



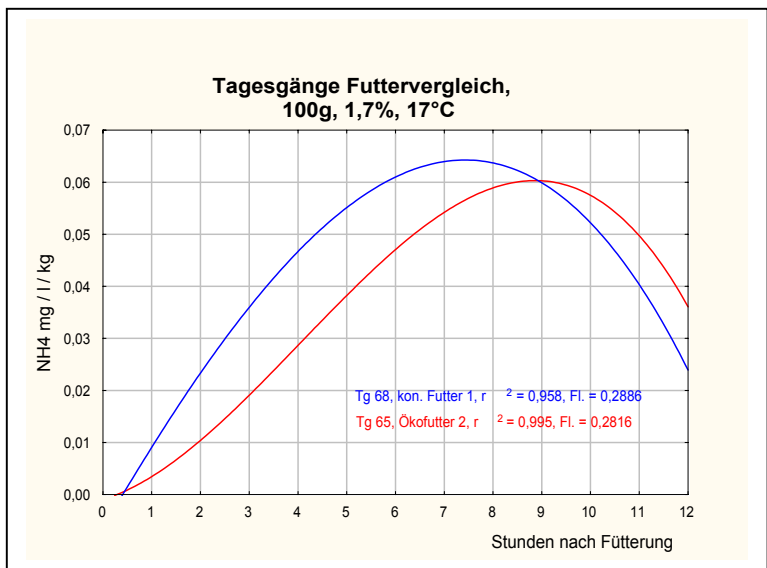
**Abb.41**



**Abb.42**



**Abb.43**



**Abb.44**

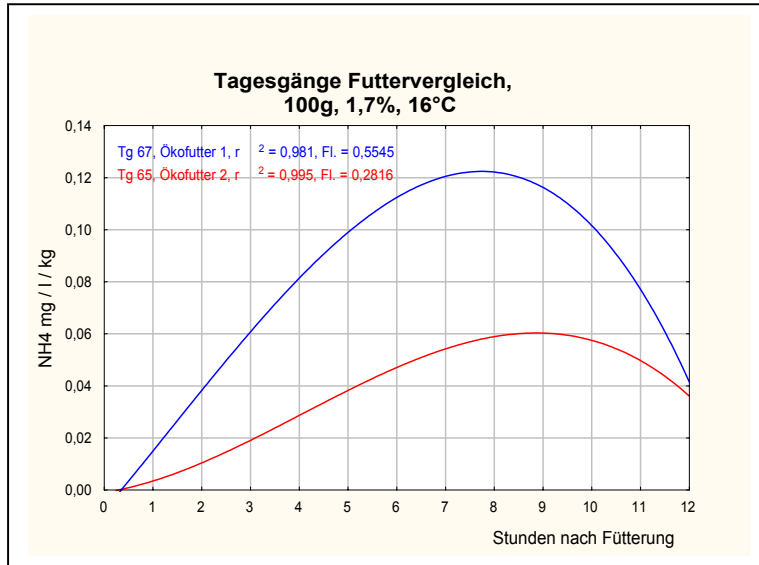


Abb.45

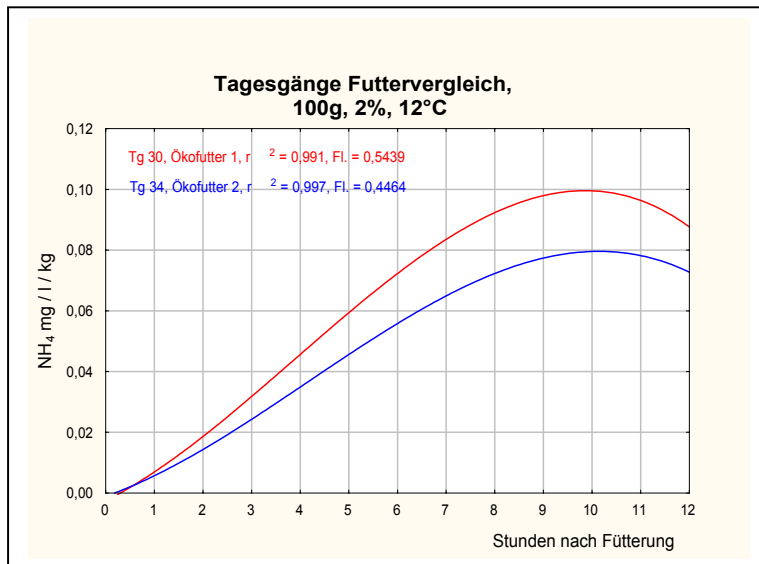


Abb.46

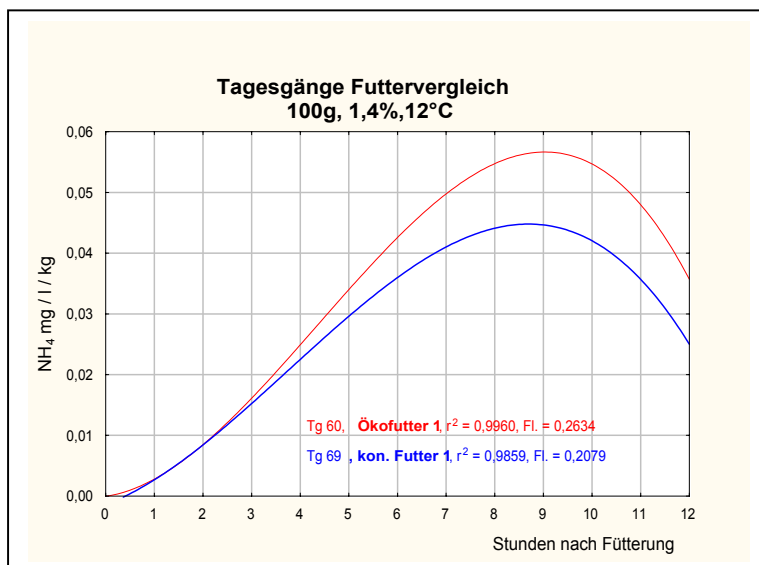


Abb. 47

In den Abb. 36 – 47 werden einige mit verschiedenen Futtermitteln bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen aufgenommenen Kurvenverläufe der insgesamt über 60 Tagesgänge dargestellt. Die verwendeten Futter konventionelles Futter 1, Ökofutter 1 und Ökofutter 2 waren bereits in den oben beschriebenen Futtermitteln eingesetzt worden. Die Graphiken enthalten neben der Nennung des Futters Angaben zum Körpergewicht der Fische, zur Wassertemperatur, zur Futterzumessung sowie zur Fläche unter der Kurve bis zum Scheitelpunkt (Fl) und zum Korrelationskoeffizienten ( $r^2$ ) der hier nicht wiedergegebenen Kurvengleichungen.

Die Bedeutung der Futterzumessung geben die beiden Abbildungen 36 und 37 wieder. Hier wurden Forellen von 100 g Stückmasse mit den beiden Ökofuttern 1 und 2 bei zwei Wassertemperaturen mit unterschiedlichen Futterzumessungen von 1,5 und 2% bzw. 1,7 und 2 % versorgt. In beiden Fällen resultiert die höhere Futterzumessung in einer höheren Ammoniumexkretion. Der Unterschied ist in der ersten Abb. stärker ausgeprägt als in der zweiten. Dies beruht auf dem größeren Unterschied in den gegebenen Futtermengen. Auffällig ist zudem die deutliche größere ausgeschiedene  $\text{NH}_4$  – Menge des Ökofutters 1 (Skalenteilung der y – Achse !). Dies kann futterbedingt sein, aber auch an den unterschiedlichen Wassertemperaturen liegen. Eine Präzisierung ist anhand dieses Vergleiches nicht direkt möglich.

Den Einfluß unterschiedlicher Umgebungstemperaturen von 12 und 17° C auf Verdauung und Stoffwechsel bei Fischen als wechselwarme Organismen zeigen die Abb. 38 – 40 bei unterschiedlichen Futterzumessungen. Das Körpergewicht betrug 200 g beim konventionellen Futter 1, bei den beiden anderen 100 g. Bei allen drei verwendeten Futtern führt die höhere Wassertemperatur zu einer stärkeren Ammoniumexkretion. Gleichzeitig ist der Scheitelpunkt der Kurve bei der niedrigeren Temperatur gegenüber der höheren nach rechts verschoben. Dies deutet auf langsamer ablaufende Verdauungsprozesse bei niedrigeren Temperaturen hin.

Die Bedeutung des Körpergewichtes für die Ammoniumexkretion zeigen die Abb. 41 und 42 anhand von 100 g - und 200 g – Tieren am Beispiel des Ökofutters 1 bei niedriger Futterzumessung von 1,4 % und ebenfalls niedriger Wassertemperatur im Vergleich zu höheren Werten von 2 % und 18 ° C. Mit den unterschiedlichen Zumessungen wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die Tagesfuttermenge mit zunehmendem Körpergewicht geringer wird. In beiden untersuchten Fällen scheiden die größeren Tiere mehr Ammonium aus, d.h. mit zunehmendem Gewicht wird weniger Eiweiß in den Körper eingebaut und mehr katabolisiert. Dies zeigt sich im übrigen auch in Futtermitteln an den sich größenabhängig verschlechternden Futterquotienten.

Die restlichen fünf Abbildungen 43 – 47 zeigen Vergleiche zwischen den drei Futtern unter verschiedenen Rahmenbedingungen. Zunächst das konventionelle Futter jeweils im Vergleich zu einem der beiden Ökofutter, während alle anderen Parameter (Körpergewicht, Wassertemperatur, Futterzumessung) gleich sind. Es zeigen sich klare Unterschiede. Das Ökofutter 1 führt zu einer viel höheren Ammoniumexkretion als das konventionelle Futter (Abb. 43), während dies beim Ökofutter 2 nicht der Fall ist (Abb. 44), wo beide Flächenwerte fast gleich sind. Die bezüglich der Umweltauswirkungen vorhandene Unterlegenheit des Ökofutters 1, wie sie bereits im vergleichenden Futtermitteln 1 (s.o.) festgestellt worden war, wird durch das Ergebnis der Exkretionsmessung bestätigt. Hinsichtlich des Ökofutters 2 bedeutet bei ähnlicher Exkretionsrate das gegenüber dem konventionellen Futter geringere Wachstum ebenfalls eine höhere Umweltbelastung, wenn sie auch geringer als beim Ökofutter 1 ist. Abb. 45 stellt einen weiteren Vergleich zwischen dem konventionellen Futter und Ökofutter 1 vor, aber bei niedriger

Wassertemperatur und geringerer Futterzumessung. Auch hier zeigt sich die klare Überlegenheit des konventionellen Futters.

Die abschließende Gegenüberstellung der beiden Ökofutter in den Abb. 46 und 47 fällt eindeutig zugunsten des Ökofutters 2 aus. Dabei sind bei hoher Wassertemperatur und mittlerer Futterzumessung die Unterschiede noch gravierender als bei niedriger Wassertemperatur und hoher Zumessung.

In der Zusammenfassung bleibt festzustellen, dass die Ammoniumexkretion im Tagesgang in Abhängigkeit von der Futtermenge und anderen, weiteren Parametern bei Anwendung geeigneter Rahmenbedingungen gemessen werden kann. Dies erlaubt den direkten Vergleich der Auswirkungen der Futter hinsichtlich ihrer Umweltfreundlichkeit, in diesem Fall des gewässereutrophierenden Stoffes Stickstoff. Es ergibt sich auch aus diesen Untersuchungen eine deutliche Rangfolge bezüglich der Gewässerfreundlichkeit. Danach ist das Ökofutter 1 schlechter zu bewerten als das Ökofutter 2 und das konventionelle Futter, deren Verfütterung beide nach den vorliegenden Ergebnissen zu etwa den gleichen Ammoniumexkretionsraten führt. Bei Beachtung der Resultate aus den Futtersuchen zeitigt das verwendete konventionelle Futter allerdings den besten Abwuchs bei den zugleich geringsten Belastungen.



### 3.1.2 Untersuchungen zur Qualität

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der chemischen, sensorischen und physikalischen Beurteilungen der Proben aus den fünf untersuchten Zuchtbetrieben miteinander verglichen. Die Bezeichnung der Proben erfolgte nach der Herkunft und der zeitlichen Reihenfolge der Probennahme. **ZuFo** (Zuchtforellen) steht für Forellen aus konventioneller Zucht und **BiFo** (Bioforellen) für Forellen aus ökologischer Aufzucht.

Damit ergibt sich folgende Zuordnung:

- Forellen aus semi-intensiver konventioneller Zuchtanlage  
(Teichwirtschaft 2) (Probenahme 22.10.02): **ZuFo 1**
- Forellen extensiver konventioneller Zuchtanlage  
(Teichwirtschaft 1) (Probenahme 19.11.02): **ZuFo 2**
- Forellen intensiver konventioneller Zuchtanlage  
(Teichwirtschaft 3) (Probenahme 05.05.03): **ZuFo 3**
- Forellen aus dem ökologisch zertifizierten Betrieb mit Jahresproduktion von 50t  
(Ökoteichwirtschaft 2) (Probenahme 10.12.02): **BiFo 1**
- Forellen aus dem ökologisch zertifizierten Betrieb mit Jahresproduktion von 30t  
(Ökoteichwirtschaft 1) (Probenahme 23.09.03): **BiFo 2**

#### 3.1.2.1 Bestimmung der biologischen Kennzahlen

In Tab. 7 sind die Gesamtlänge (Kopf - Schwanzende), das Gesamt- und das Schlachtgewicht von je 20 Fischen pro Teichwirtschaft zusammengestellt. Von diesen Fischen wurde auch die chemische Zusammensetzung der Filets bestimmt. Zusätzlich wurde der durchschnittliche Konditionsfaktor an 100 Fischen ermittelt. Der Konditionsfaktor ist bei Fischen ein Maß für den Ernährungszustand. Er berechnet sich aus dem Gewicht und der Länge nach folgender Formel:

$$\text{Konditionsfaktor} = \text{Gewicht (g)} / (\text{Länge(cm)})^3 \times 100$$

Tab.7 : Biologische Daten zum Untersuchungsmaterial:  
arithmetische Mittelwerte aus n = 20 Messungen

	Länge [cm]	Gesamt- gewicht [g]	Schlacht- gewicht [g]	Schlacht- verlust %	Konditions- faktor [g/cm <sup>3</sup> ] n=100
ZuFo 1 s-int.	33,0	475	423	11,0	1,32
ZuFo 2 ex.	31	307	287	7,0	1,01
ZuFo 3 int.	32,7	389	350	10,0	1,14
BiFo 1	33,0	401	347	13,0	1,15
BiFo 2	32,2	330	303	8,1	1,03

Die Forellen hatten eine ähnliche Länge, unterschieden sich jedoch deutlich in ihren Gewichten. Hier spiegelt sich der Einfluss der individuellen Haltung/Fütterung wider. Die extensiv gehaltenen, konventionell gezüchteten Forellen (ZuFo 2) waren mit einem Konditionsfaktor von 1,01 schlanker als die Ökoforellen, während die Fische aus der Intensivzucht der Bioforelle 1 entsprachen. Der Konditionsfaktor und damit der Ernährungszustand der Fische wird offensichtlich vor allem durch die Menge und die Art des Futters beeinflusst, die Haltungsform

spielt nur eine untergeordnete Rolle. Die festgestellten Unterschiede zeigen sich auch in der chemischen Zusammensetzung und hier insbesondere im Fettgehalt der Filets.

### Äußeres Erscheinungsbild

Forellen aus Rinnenanlagen und Forellen aus Betrieben mit sehr hohen Besatzdichten zeigen oft Verletzungen an den Flossen und dem Maul. Derartige Verletzungen wurden bei den untersuchten Forellen nicht festgestellt.

Insgesamt unterschied sich das äußere Erscheinungsbild kaum.

ZuFo1 semi-intensiv



ZuFo2 extensiv



ZuFo3 intensiv



BiFo 1



Alle Fische hatten ein sehr ansprechendes Aussehen mit arttypischer Hautpigmentierung. Das Fleisch von ZuFo 1 war leicht rötlich gefärbt. Bei den anderen Proben war keine Färbung des Muskelfleisches erkennbar.

### **3.1.2.2. Chemische Zusammensetzung der Forellen im Vergleich**

Die chemische Zusammensetzung der Filets von jeweils 20 Einzelfischen pro Teichwirtschaft wurde analysiert. In Tabelle 8 sind die mittleren Gehalte und die Schwankungen zusammengestellt.

Tabelle 8: Chemische Zusammensetzung von Forellenfilets (n=20)

		<b>ZuFo 1 semi- intensiv</b>	<b>ZuFo 2 extensiv</b>	<b>ZuFo 3 intensiv</b>	<b>BiFo 1</b>	<b>BiFo 2</b>
Fett %	Mittelwert	4,7	2,1	4,2	3,6	1,7
	STD	0,8	0,4	1,0	0,6	0,3
	min-max	3,5 – 6,1	1,6 – 3,0	2,5 - 6,6	2,2 – 4,7	0,8 – 2,3
Wasser %	Mittelwert	74,2	77,7	75,4	76,7	79,0
	STD	0,9	0,7	1,3	0,6	0,5
	min-max	72,4 – 75,4	76,6 – 78,8	73,1 - 77,9	75,8 – 78,0	78,3 – 79,3
Mineral- Stoffe %	Mittelwert	1,3	1,3	1,3	1,31	1,2
	STD	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05
	min-max	1,1 – 1,4	1,2 – 1,6	1,1 – 1,4	1,2 – 1,5	1,1 – 1,3
Roh- Protein %	Mittelwert	20,2	19,9	19,3	19,7	18,5
	STD	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
	min-max	19,2 – 20,7	18,9 – 20,7	18,6 – 20,1	18,8 – 21,0	17,6 – 19,4

Die Fettgehalte der Forellen aus den fünf Zuchtbetrieben unterschieden sich erheblich. Angestrebt wird im allgemeinen ein Fettgehalt von ca. 5 %, damit die Konsistenz der Filets bei der Zubereitung zart bleibt, sei es beim Braten oder Räuchern. Nur die konventionell aufgezogenen Forellen aus der semi-intensiven und der intensiven Teichwirtschaft erreichten annähernd den von vielen Verarbeitern erwünschten Fettgehalt.

Die Forellen mit dem niedrigsten Konditionsfaktoren (BiFo 2 und ZuFo 2) hatten auch die geringsten Fettgehalte und die höchsten Wassergehalte.

Die Proteingehalte aller untersuchten Forellen zeigten dagegen keine Abhängigkeit vom Aufzuchtbetrieb und waren mit 18,5 – 20,2 % im Vergleich zu Seefischen relativ hoch.

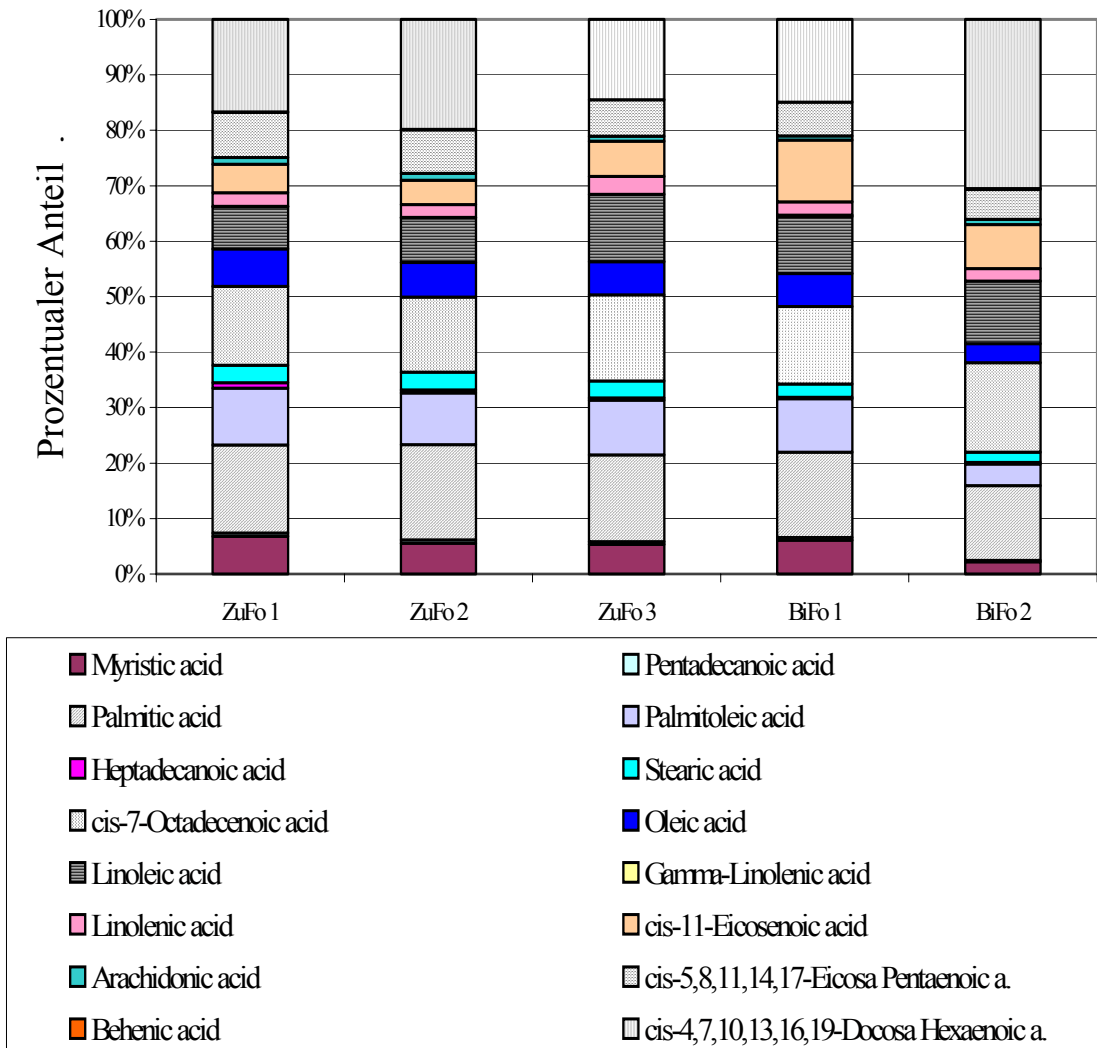
### 3.1.2.3 Fettsäuremuster der konventionellen und Bio-Forellen

Ermittelt wurde die Fettsäurezusammensetzung aus dem extrahierten Gesamtfett durch eine gaschromatographische Bestimmung nach Methylierung der Fettsäuren.

Die Fettsäureverteilung bewegt sich in den Grenzen, die für derartige Forellen zu erwarten ist. Der Vergleich der Verteilung der unterschiedlich aufgezogenen Forellen zeigt, dass sich die Proben zwar in ihrer Fettsäurezusammensetzung etwas unterscheiden (Abb. 48), aber nicht zwischen ökologisch und konventionell gezüchteten Forellen unterschieden werden kann. Die konventionell aufgezogenen Forellen sind in ihren Mustern relativ identisch. BiFo1 hebt sich in drei Fettsäuren mehr oder weniger deutlich von den konventionell aufgezogenen ab: In den Gehalten der Linol-, cis-11-Eicosen- und Docosahexaensäure (DHA). Der Linolen- und cis-11-Eicosensäureanteil war gegenüber den konventionell aufgezogenen Forellen erhöht, während der Anteil an DHA um einige Prozent niedriger lag. BiFo 2 hatte dagegen einen deutlich höheren Anteil an Eicosapentaensäure. Worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Ernährungsphysiologisch sind Forellen aus beiden Aufzuchtarten gleich zu bewerten.

Abb. 48 Fettsäuremuster der Forelle



### 3.1.2.4. Unerwünschte Inhaltsstoffe

#### - Dioxine und dioxinähnliche PCB-Verbindungen

Dioxine und dioxinähnliche PCB-Verbindungen sind in den letzten zwei Jahren in den Mittelpunkt der Diskussion geraten und die EU hat kürzlich Höchstwerte für Dioxine für das Lebensmittel Fisch festgelegt mit der Zielsetzung unter Einbeziehung der dioxinähnlichen Verbindungen bis 2006 eine signifikante Reduzierung der Grenzwerte vorzunehmen (EG-Kommission, 2001).

Fische gehören zu der Gruppe der Lebensmittel, die relativ hohe Gehalte der genannten Kontaminanten enthalten können. Bei Forellen aus der Zucht hängt die Höhe der Gehalte direkt von der Zusammensetzung des eingesetzten Fischfutters ab. Verantwortlich ist die Menge und die Art des zugesetzten Fischöls. Wenn für Biofutter und konventionelles Futter unterschiedliche Ausgangsstoffe eingesetzt werden, wie es die Richtlinien für ökologische Forellenzucht vorsehen, sollten sich am ehesten die Gehalte der o.g. Rückstände unterscheiden. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, erfolgte die Probenahme und die Untersuchung nach der EU-Richtlinie für die amtliche Kontrolle von Dioxinen sowie zur Bestimmung von

dioxinähnlichen PCBs in Lebensmitteln. Gemäß der Richtlinie wurden Sammelproben aus jedem Betrieb analysiert. Bestimmt wurden u.a. 17 polychlorierte Dibenzodioxin- und Dibenzofuran-kongenerer und 12 mono- und non-ortho-PCB, für die die WHO Toxizitätsäquivalenzfaktoren festgelegt hat. Unterschiede in der Belastung wurden nicht festgestellt (Tabelle 9).

Alle Dioxin-Gehalte lagen weit unter dem EU-Grenzwert und auch die dioxinähnlichen PCB zeigten ein sehr niedriges Niveau.

Zusätzlich wurden die gesetzlich geregelten Indikator-PCB: PCB 52, 101, 138, 153 und 180 bestimmt. Die Gehalte blieben ebenfalls bei allen Forellen weit unter den zulässigen Höchstwerten. Eine Unterscheidung zwischen ökologisch und konventionell aufgezogenen Fischen ist anhand der Werte nicht möglich, insgesamt ist die Rückstandsbelastung der untersuchten Proben jedoch erfreulich niedrig.

Tabelle 9: Dioxine, dioxinähnliche und gesetzlich geregelte PCB in Forellen

	<b>Dioxin</b>	<b>Dioxinähnl. PCB</b>	<b>PCB 52</b>	<b>PCB 101</b>	<b>PCB 138</b>	<b>PCB 153</b>	<b>PCB 180</b>
	ngWHO-TEQ/kg FS	ngWHO-TEQ/kg FS	µg/kg FS	µg/kg FS	µg/kg FS	µg/kg FS	µg/kg FS
<b>Grenzwert</b>	4	-	80	80	100	100	80
<b>ZuFo1</b>	0,145	0,476	0,285	0,700	1,066	1,261	0,387
<b>ZuFo2</b>	0,134	0,260	0,175	0,386	0,640	0,843	0,224
<b>ZuFo3</b>	0,124	0,661	0,361	0,651	0,828	1,409	0,376
<b>BiFo1</b>	0,141	0,310	0,328	0,505	0,774	0,901	0,245
<b>BiFo2</b>	0,188	0,359	0,321	0,634	1,235	1,109	0,376

#### - Bakterienhemmstoffe

Zur Überprüfung, ob in den Forellen bakteriostatisch wirksame Arzneimittel nachweisbar sind, wurde der für die amtliche Kontrolle empfohlene Agardiffusionstest auf Hemmstoffe (EEC-4-Plattentest) eingesetzt. Je Betrieb wurden wahllos zehn dem Gesamtpool entnommene Forellen untersucht. Getestet wurde das Muskelgewebe und der Presssaft. In keiner der untersuchten Proben konnten Hemmhöfe nachgewiesen werden, alle Proben waren somit im 4-Plattentest negativ.

#### 3.1.2.5. Erwünschte Inhaltsstoffe und sonstige Stoffwechselprodukte

Bestimmt wurden die Vitamine D<sub>3</sub> und Provitamin D<sub>3</sub> und die Jodgehalte im essbaren Anteil von mehreren Mischproben aus jedem Betrieb. Die gemittelten Gehalte sind in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10: Vitamin und Jodgehalte in Forellenfilets

	<b>Vitamin D<sub>3</sub></b>	<b>Provitamin D<sub>3</sub></b>	<b>Jod</b>
	µg/kg FS	µg/kg FS	µg/kg FS
<b>ZuFo1</b>	40	340	< 200
<b>ZuFo2</b>	110	130	< 200
<b>ZuFo3</b>	110	270	< 200
<b>BiFo1</b>	80	120	< 200
<b>BiFo2</b>	80	220	< 200

Vitamin D und Jod muss von Forellen mit der Nahrung aufgenommen werden. Daher werden sowohl den konventionellen als auch den ökologischen Futtern Vitamine zugesetzt, während eine Jodierung meist nicht erfolgt. Der Vitamin D - Gehalt in den Forellen ist daher abhängig von der dem Futter zugesetzten Menge. Mit den gemessenen Gehalten von 40 – 110 µg Vitamin D / kg wird die von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlene tägliche Aufnahme von 5 µg Vitamin D durch eine Verzehrmenge von 100g Forellenfilet gedeckt.

Die Jodgehalte liegen dagegen bei niedrigen 20 µg / 100g. Die empfohlene tägliche Aufnahme beträgt 200 µg Jod.

Eine qualitative Unterscheidung der Tiere nach ihrer Aufzuchtform ist an Hand dieser Werte nicht möglich.

Als weitere Stoffwechselprodukte wurden die Gehalte an Dimethylamin (DMA), Trimethylamin (TMA) und Trimethylaminoxid (TMAO) im Muskel und Futter von ZuFo3 und BiFo 2 verglichen. Diese Verbindungen sind im Fischmehl enthalten und gelangen über das Futter in das Muskelfleisch von Forellen. Sie sind verantwortlich für den „Fischgeruch“ von altem Seefisch. Vor dem Hintergrund, dass ggf. qualitativ unterschiedliche Fischmehle, die sich in ihren Amingehalten unterscheiden, für die Produktion der entsprechenden Futter eingesetzt werden, wurden die entsprechenden Proben analysiert. Es konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

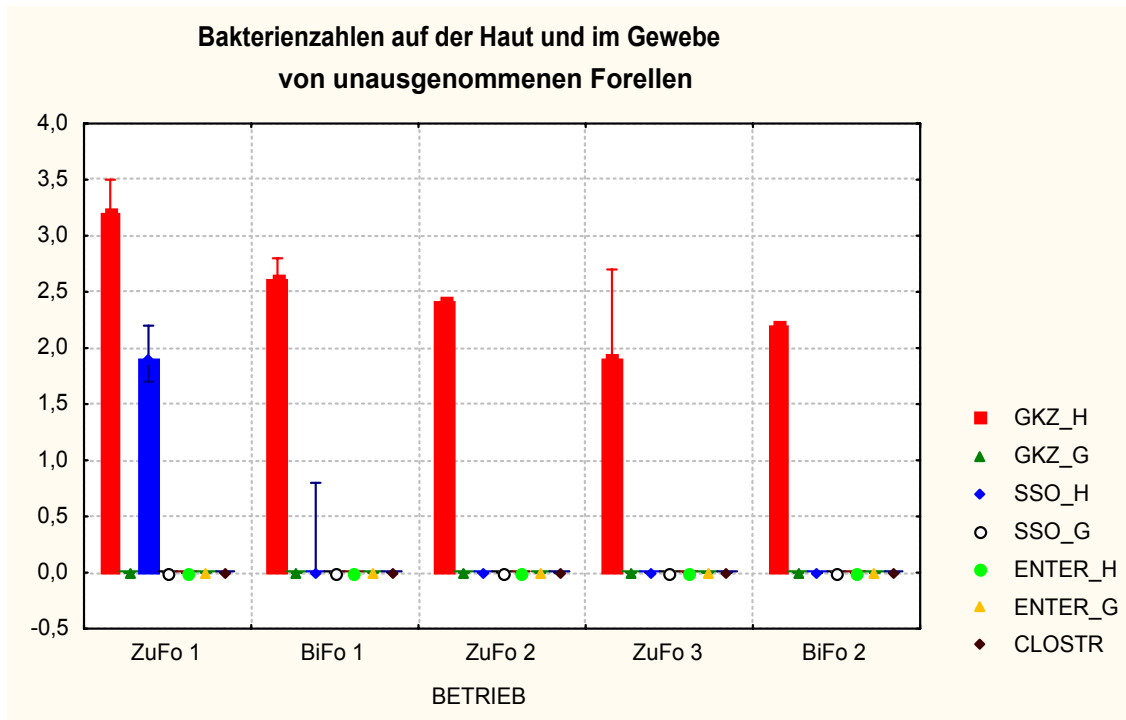
### 3.1.2.6 Mikrobiologische Untersuchungen

Bestimmt wurden die Gesamtkeimzahlen, Enterobakterien und die Zahl spezifischer Verderbskeime (*Shewanella putrefaciens*) auf der Haut und im Gewebe von jeweils 3 Mischproben je Betrieb. Zusätzlich wurden die Eingeweide auf die weit verbreiteten toxinbildenden Sporenbilder (Clostridien) untersucht. Die nachgewiesenen Gesamtkeimzahlen auf der Haut betragen abhängig von den Betrieben zwischen  $10^2$  und  $10^3$  Bakterien /cm<sup>2</sup>. In allen Forellen wurden mit  $10^1$  -  $10^2$  sehr niedrige Zahlen von spezifischen Verderbskeimen auf der Haut nachgewiesen. Alle untersuchten Gewebeproben waren erwartungsgemäß steril. In keiner der Haut- und Gewebeproben wurden Enterobakterien nachgewiesen, die Eingeweide erwiesen sich in allen Proben als frei von Clostridien (Abbildung 49).

Unterschiede zwischen Ökoforellen und Forellen aus konventioneller Zucht konnten nicht festgestellt werden.

Insgesamt war der mikrobiologische Status aller untersuchten Forellen nach 2-tägiger Eislagerung ausgezeichnet.

Abbildung 49: Mikrobiologischer Status von unausgenommenen Forellen



### 3.1.2.7. Untersuchungen auf Nematodenbefall

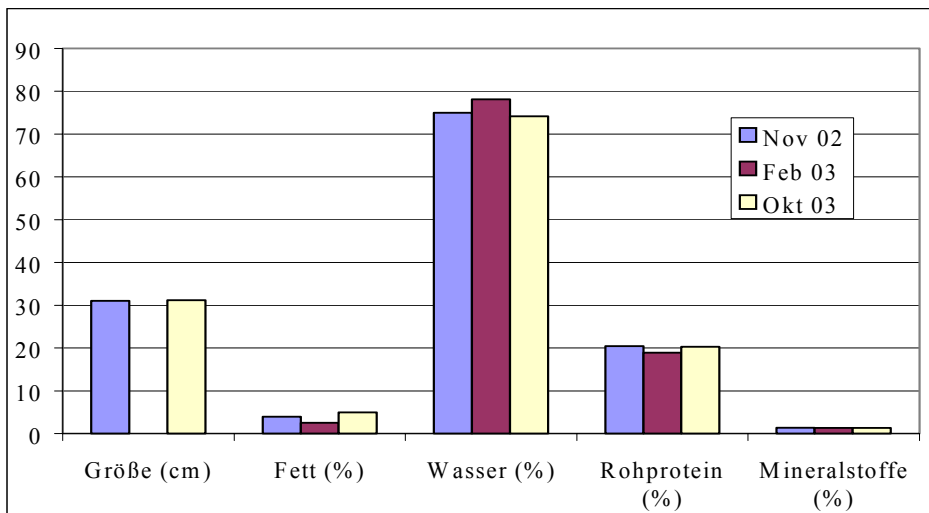
An sich wird in der Forellenzucht pelletiertes bzw. extrudiertes Trockenfutter eingesetzt, das keinerlei Gefahr der Nematodenübertragung in sich birgt. Sollten jedoch Schlachtabfälle oder sonstige Bestandteile von Seefischen ohne Erhitzung zur Fütterung verwendet werden, kann es zu einer Aufnahme von Parasiten kommen. Daher wurden die Eingeweide von je 100 Fischen pro Zuchtbetrieb auf Nematodenbefall untersucht. In keiner Probe konnten Nematoden festgestellt werden. Allerdings wurden in den Eingeweiden der Ökoforellen teilweise erhebliche Mengen an kleinen Steinen, Tannennadeln und Holzstückchen gefunden. Der Anteil betrug bei BiFo1 durchschnittlich 11 % des Mageninhaltes. Zurückzuführen ist dies wahrscheinlich auf den Einsatz von pelletiertem Futter in der ökologischen Forellenzucht. Dieses Futter ist nicht schwimmfähig, sinkt zu Boden und die Fische müssen die Nahrung größtenteils vom Boden aufnehmen, wobei auch Steine und andere Bestandteile in den Magen gelangen.

### 3.1.2.8 Sensorische Bewertung

Das Ziel war es, die unterschiedlich aufgezogenen Forellen sensorisch miteinander zu vergleichen. Da aus logistischen Gründen die zu bewertenden Proben erst mit einigen Wochen Abstand verkostet werden konnten, wurde der Umweg über eine „Standardforelle“ genommen. Diese wurde in der Bundesforschungsanstalt, Institut für Fischereiökologie, Außenstelle Ahrensburg, unter kontrollierten Bedingungen aufgezogen, so dass für jede Sensoriksituation eine Probe gegen eine Standardprobe verglichen werden konnte. Die Unterschiede, die sich zum Standard ergaben, ließen sich dann miteinander vergleichen.

Voraussetzung für den Einsatz der Standardforelle war eine weitgehend gleichbleibende Qualität der Fische über den gesamten Untersuchungszeitraum. Daher wurde die Zusammensetzung der eingesetzten Standardforellen mehrfach überprüft. Abbildung 50 zeigt, dass die chemische Zusammensetzung über die Laufzeit des Projektes nahezu konstant blieb und somit die Voraussetzung zum Einsatz der Forellen in der Sensorik gegeben war.

Abbildung 50: Zusammensetzung der Standardforellen



Die Beurteilung ihrer sensorischen Merkmale wurde in einem separaten offen diskutierten Vorversuch mit dem Testpanel festgelegt. Bei allen weiteren Sensorikterminen diente diese Bewertung der Standardforellen dann als definierter Richtwert, zu dem die Probenforellen vergleichend beurteilt wurden.

Für die Prüfungen wurde ein spezieller Prüfbogen erarbeitet, der die für das Projekt relevanten Qualitätsparameter mit einer Bewertungsskala von 0 bis 100 (keine bis maximale Ausprägung) berücksichtigte. Bewertet wurden die Textur, der Geruch und der Geschmack mit einer Punkteskala von 1-100, wobei ausgeprägte Merkmale mit 100 zu benoten waren. Die Texturmerkmale waren fest, elastisch, faserig, saftig, krümelig und breiig bzw. mehlig. Der Geruch ließ sich beschreiben als arttypisch, nach gekochten Kartoffeln bzw. Milch, modrig und stechend. Die Geschmacksparameter waren frisch, aromatisch, rein, süßlich, modrig und abweichend, wobei die abweichende Note näher beschrieben werden sollte. **Anlage 3** zeigt den entwickelten Sensorikbogen.

Für die Prüfungen wurden jeweils 5 Standardforellen und 10 Testforellen, die nach der Schlachtung 2 Tage auf Eis (Kühlraum 0°C) gelagert wurden, filetiert, enthäutet und in Kochbeuteln im Wasserbad 8 min bei 90 °C gegart.

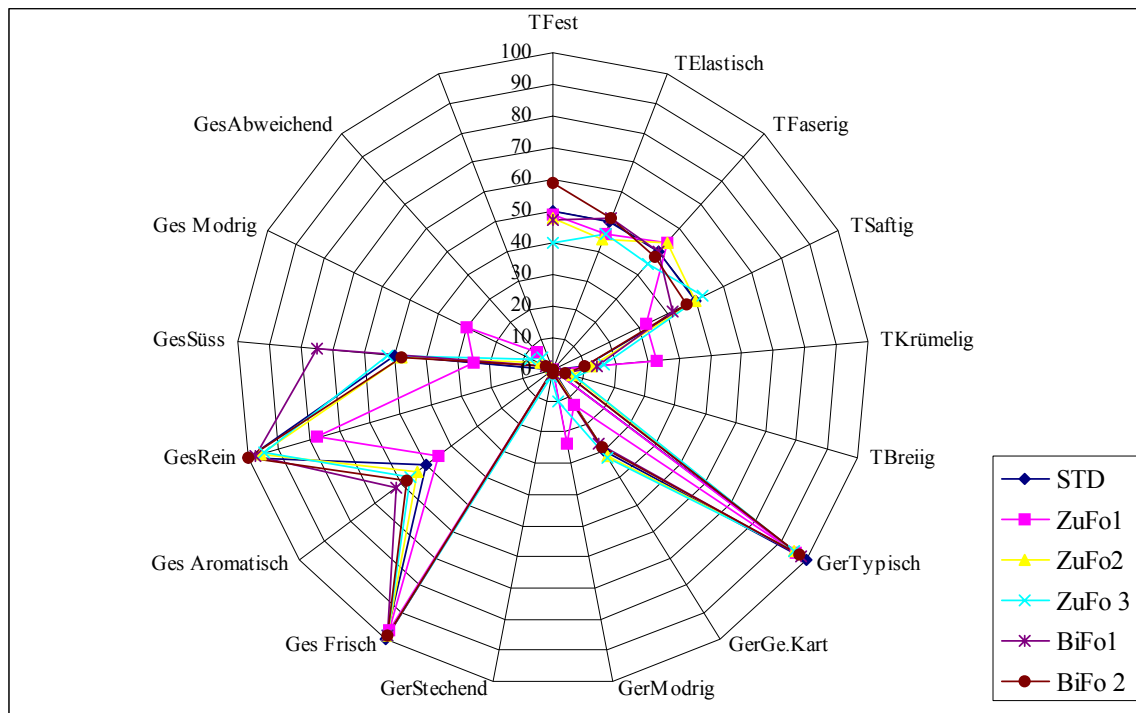
Verkostet wurde von einem erfahrenen Panel, welches aus bis zu acht Personen bestand.

Die Forellen aus allen Zuchtbetrieben wurden sehr ähnlich beurteilt. Lediglich Forellen aus der Teichwirtschaft 2 (ZuFo 1) wurden insgesamt etwas schlechter beurteilt und zeigten zudem Abweichungen im Merkmal modrig, einer Geschmacks- und Geruchsnote, die bei Teichforellen häufiger auftritt. In Abbildung 51 werden die sensorischen Bewertungen für die einzelnen Merkmale im Vergleich zur Standardforelle dargestellt.



Statistisch signifikante Unterschiede wurden bei der Textur (krümelig, saftig), Geruch (modrig) und Geschmack (rein, süß, modrig) festgestellt. Nimmt man ZuFo 1 aus der Bewertung, können keine statistischen abgesicherten Unterschiede mehr festgestellt werden.

Abbildung 51: Beurteilung der sensorischen Merkmale von konventionellen und ökologisch aufgezogenen Forellen



Die bisher beschriebenen Sensorikvergleiche wurden offen durchgeführt, d.h. die Prüfer kannten die jeweilige Aufzuchtform der Forellen. Um festzustellen, ob die Prüfer tatsächlich keine Unterschiede zwischen Zucht- und Ökoforellen feststellen können, wurden Proben wie bereits beschrieben zubereitet und verschlüsselt dargereicht. Bei den Forellen handelte es sich um die aufgetaute Rohware der verschiedenen Probennahmeterminen, die für diesen Zweck bei  $-24^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren gelagert wurde.

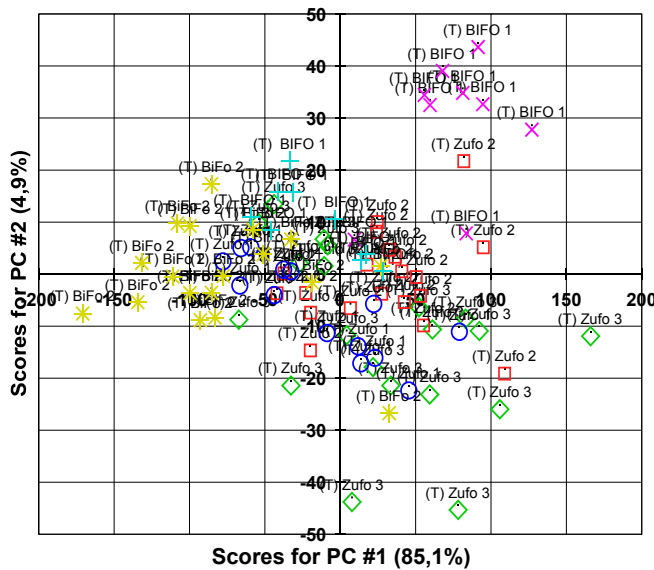
Als sensorisches Prüfverfahren wurde die Dreiecksprüfung nach der amtlichen Sammlung der Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG gewählt, dessen Anwendungsgebiet die Ermittlung von Unterschieden zwischen zwei Prüfmustern umfasst. Dafür verkosten die Prüfer gleichzeitig 3 verschlüsselte Proben, von denen jeweils zwei identisch sind. Zur Gewährleistung aussagekräftiger Urteile werden diese Dreier-Probengruppen in mindestens drei Testreihen in unterschiedlichen Anordnungen vorgelegt.

Im konkreten Fall sollte ermittelt werden, ob die Prüfer Unterschiede zwischen ZuFo 2 und BiFo 1 in drei Testreihen erkennen können bzw. in drei weiteren zwischen BiFo 1 und ZuFo 3. Die Kombination dieser Zuchtbetriebe repräsentiert sehr unterschiedliche Aufzuchtbedingungen. Es prüften 8 Prüfer, die überwiegend auch an allen anderen Sensoriken teilgenommen hatten. Sowohl bei der Kombination ZuFo2 / BiFo 1 als auch bei der mit ZuFo 3 / BiFo 1 waren nur 7 von 24 Antworten richtig. Die Frage „kann ein Unterschied zwischen Zucht- und Ökoforellen in einem Blindtest verifiziert werden“, muss eindeutig verneint werden.

### 3.1.2.9 Messungen mit der elektronischen Nase

Elektronische Nasen sind Geräte für die instrumentelle Geruchsmessung. Ihr Funktionsprinzip ist ziemlich komplex. Letztlich sollen sie objektive und reproduzierbare Aromaprofile liefern, die die Testergebnisse geschulter Sensoriker ergänzen oder im Idealfall sogar ersetzen. Mit dem vorhandenen Gerät sollte geprüft werden, ob Aromaunterschiede zwischen Forellen aus konventioneller und ökologischer Zucht erfasst werden können. Gemessen wurde das Aromaprofil des Muskelfleisches der Forellen, die auch sensorisch verkostet wurden. Als qualitatives Auswerteverfahren wurde die Hauptkomponentenanalyse (PCA) gewählt, da möglichst viele Eigenschaften der Proben erfasst werden sollten.

Abbildung 52: Aromaprofilanalyse mit der elektronischen Nase  
Ergebnisse aller Messungen



Teichwirtschaften sind in der Regel kleine Betriebe, die unter sehr verschiedenen äußeren Bedingungen Forellen großziehen. Es lag daher die Vermutung nahe, dass daraus auch unterschiedliche Aromaspektren resultieren.

Zusammenfassend muss jedoch festgestellt werden, dass die Messwerte der Sensoren der für dieses Projekt eingesetzten elektronischen Nase keine relevanten Unterschiede zeigten. Eine Mustererkennung auf Basis statistischer Datenanalysen war nicht möglich. Es konnten weder unterschiedliche Produktionsprozesse dokumentiert noch verschiedene Zuchtbetriebe sicher unterschieden werden (Abbildung 52).

Berücksichtigt man die Ergebnisse der Sensorik ist außerdem nicht davon auszugehen, dass mit anderen Sensorkonfigurationen typisch ökologische Aromaspektren erkannt werden, die Forellen zweifelsfrei einer ökologischen zertifizierten Aufzucht zuordnen können.

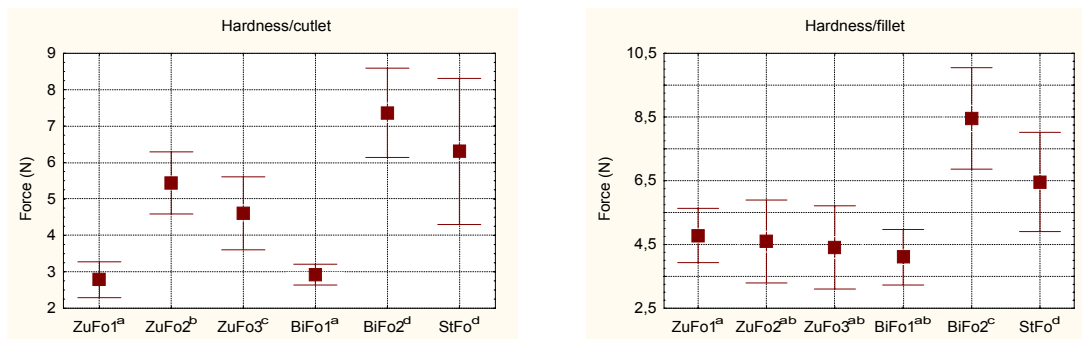
### 3.1.2.10 Untersuchungsbereich Textur, Wasserbindung, Farbe

Untersucht wurden im Berichtszeitraum jeweils 10 Zuchtforellen von allen Zuchtbetrieben und die Standardforellen aus IFÖ Ahrensburg.

### Textur:

Die Texturbewertung erfolgte mit einem Texture-Analyser TA-XT2, StableMicroSystem, Godalming, UK. Dazu wurden die Regenbogenforellen einmal in Koteletts zerteilt und zum anderen filetiert. Dadurch wurde die Textur parallel und senkrecht zum Faserverlauf erfasst. Die Prüflinge wurden jeweils einer Doppelkompression (60%) unterworfen. Aus den Ergebnissen wurden Härte, Kohäsion, Elastizität, Kaubarkeit und Klebrigkeit errechnet.

Vergleicht man die Härte beider Proben, so wird deutlich, dass diese offenbar weitgehend unabhängig von der Messrichtung ist. Während jedoch zwischen den Kotelettproben der Zuchtforellen und der Bioforellen signifikante Unterschiede ersichtlich werden, ist dieses bei den Filets nur für die Bioforellen ersichtlich. Die Härte der Standardforelle ist unabhängig von der Probenvorbereitung offensichtlich größer als die der Zuchtforellen. Auffällig ist der Härteunterschied zwischen den beiden Bioforellen. In diesem Härtebereich sind alle anderen Muster angesiedelt. Eine mögliche Erklärung bieten die unterschiedlichen Fettgehalte beider Bioforellen. BiFo1 hat mit 3,6% einen doppelt so hohen Fettgehalt wie BiFo2 mit 1,7%.

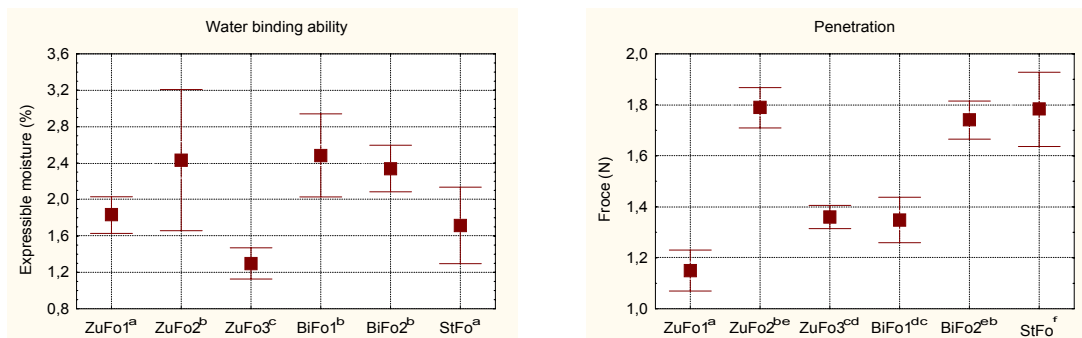


Auch in den übrigen Prüfparametern Elastizität, Kohäsion, Kaubarkeit und Klebrigkeit waren keine Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell gefarmten Fischen feststellbar.

### Wasserbindung:

Der Texture-Analyser wurde auch zur Bestimmung des auspressbaren Wassers genutzt.

Die geringste Menge an auspressbarem Wasser und damit die beste Wasserbindung wies ZuFo3 auf. Die Bioforellen unterschieden sich nicht in der Wasserbindung und wiesen gemeinsam mit ZuFo2 die schlechteste Wasserbindung auf. Die Penetrationshärte, also der Widerstand gegen das Eindringen des Messkörpers in den homogenisierten Muskel, unterschied sich nicht zwischen den Proben ZuFo2, BiFo2 und StFo. Diese 3 wiesen die höchste Penetrationshärte auf. Den geringsten Wert hatte ZuFo1. Etwas größer war die Penetrationshärte von ZuFo3 und BiFo1, die sich selbst aber nicht unterschieden.

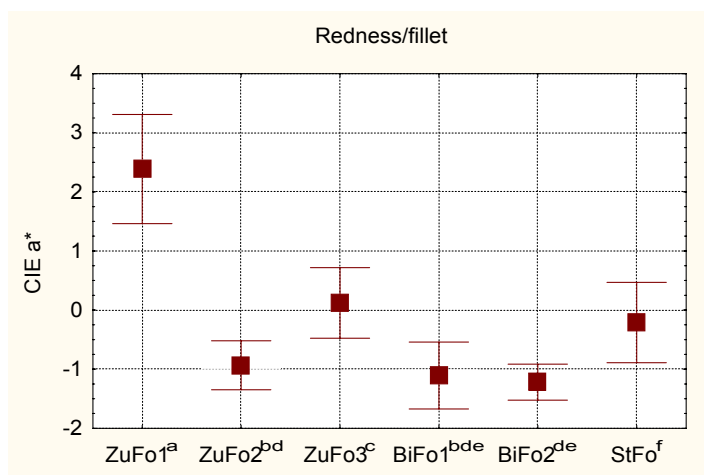


### Instrumentelle Farbmessung:

Die Farbe der Haut wurde nach dem CIElab-System mit einem spektralen Farb-Handmessgerät gemessen und verglichen.

Farblich unterscheiden sich die Muster erwartungsgemäß bezüglich der dorsal und ventral auf der Haut gemessenen Helligkeit, letztere ist deutlich heller. Zwischen den Forellen aus den unterschiedlichen Betrieben werden jedoch keine Helligkeitsunterschiede sichtbar. Die zusätzlich an homogenisierter Muskulatur durchgeführten Farbmessungen offenbaren sowohl bei der Helligkeit wie auch in den Rot- und Gelbwerten deutliche Unterschiede zwischen den Mustern, die auf den Einfluss des verwendeten Futters, das vermutlich für alle Muster unterschiedlich ist, zurückgeführt werden können.

Die Rotwerte sind insbesondere bei ZuFo1 deutlich erhöht. Dies lässt vermuten, dass diese Fische mit astaxanthinhaltiger Nahrung gefüttert wurden. Dagegen weisen die Bioforellen verhältnismäßig geringe  $a^*$ -Werte auf.



Zusammengefasst lässt sich konstatieren, dass sich Bioforellen von Zuchtforellen instrumentell bezüglich Textur, Wasserbindung und Farbe nicht sicher unterscheiden lassen. Farbunterschiede des Fleisches könnten auf die Verwendung unterschiedlichen Futters hinweisen.

### 3.1.2.11 Carotinoidbestimmung

Carotinoide sind natürliche, fettlösliche Farbstoffe, die nur von Pflanzen, Pilzen, Algen und Bakterien synthetisiert werden können und eine gelbe bis rote Färbung bewirken. Sie gelangen aber über das Futter auch in tierische Gewebe und können dort gespeichert und mitunter chemisch modifiziert werden. Die Carotinoide sind für die Färbung zahlreicher Fische und Krebstiere in freier Natur verantwortlich.

Im Filet des Wildlachs sowie der wild lebenden Regenbogenforelle sind zahlreiche verschiedene Carotinoide zu finden, von denen Astaxanthin mit Abstand das wichtigste ist. Canthaxanthin ist dagegen nur in vergleichsweise geringen Konzentrationen anzutreffen. Ein Zusatz von Astaxanthin und /oder Canthaxanthin als färbende Stoffe ist gemäß der Futtermittelverordnung bei Forellen und Lachsen ab dem Alter von 6 Monaten bei Einhaltung der festgesetzten Höchstmengen zulässig. Gemäß den Richtlinien für die naturgemäße Aquakultur vom Naturland-Verband ist die Verfütterung von natürlichen Pigmenten (z.B. in Form von

Garnelenschrot oder Phaffia-Hefe) ebenfalls erlaubt. Künstlich-synthetische Farbpigmente sind bei Bioforellen nicht zugelassen.

Sowohl Astaxanthin als auch Canthaxanthin finden sich in der Natur. In der konventionellen A-  
quakultur werden meist synthetische Erzeugnisse dieser Farbstoffe dem Futter zugesetzt.  
Die Carotinoide im Muskelfleisch von ökologisch und konventionell erzeugten Forellen wurden  
mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) untersucht und verglichen (Tab. 11).

Tab.11: Mittlere Astaxanthin-Gehalte in Forellen

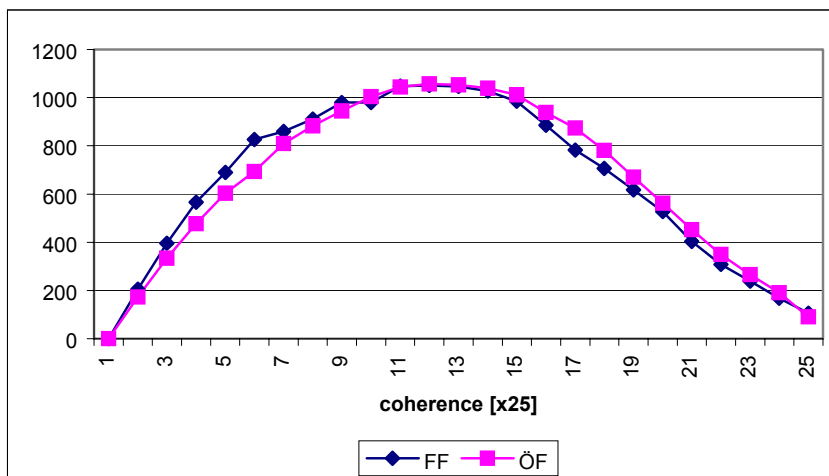
Probe	Astaxanthin [µg/g Filet]	Astaxanthin- Isomerenmuster
ZuFo 1	2,2	entspricht der Zusammensetzung von synthetischem Astaxanthin
ZuFo 2	Spur	SS-Isomeres überwiegt
ZuFo 3	0,3	SS-Isomeres überwiegt
BioFo 1	0,3	SS-Isomeres überwiegt
BioFo 2	Spur	SS-Isomeres überwiegt

Die Ergebnisse bestätigen die instrumentellen Farbmessungen, wonach nur den Zuchtforellen (ZuFo 1) synthetisches Astaxanthin mit dem Futter verabreicht wurde. In allen anderen Proben wurde das in wildlebenden Salmoniden dominierende SS-Isomer in Spuren nachgewiesen.

### 3.1.2.12 Bildverarbeitung

Die Oberflächeninspektion von Haut und von Muskelfleisch wurde mit Bildverarbeitungsmethoden durchgeführt. Im Rahmen des Projektes *Bioforelle* sollte geprüft werden, ob sich aus digitalen Bildern Qualitätsmerkmale von Forellen aus konventioneller und ökologischer Aufzucht ableiten lassen.

Abb. 53: Mustererkennung der Oberfläche bei 470 nm (FF = konventionelle Forellen, ÖF = Ökoforellen)



Eine berührungslose Oberflächeninspektion wurde bei monochromatischem Licht verschiedener Wellenlängen vom UV bis NIR vorgenommen. Die erhaltenen Informationen wurden mathematisch aufbereitet. Als Ergebnis lässt sich feststellen, dass zwischen ökologisch und konventionell gezüchteten Forellen keine qualitativen Unterschiede in der Oberflächenstruktur erkennbar waren (Abbildung 53).

### 3.1.2.13 Redoxpotential

Es wird postuliert, dass die Qualität von Lebensmitteln in Zusammenhang mit seinem Redoxpotential (Eh) steht. Jedes Lebensmittel ist danach geprägt durch ein arttypisches Redoxpotential. Nach dieser Theorie sind Lebensmittel um so wertvoller, je negativer ihr Redoxpotential ist. Ein negatives Redoxpotential bedeutet, dass viel Energie zum Aufbau struktureller Ordnung im Konsumenten bereitgestellt werden kann, und dass das Lebensmittel eine hohe antioxidative Kapazität besitzt. Die drei Zuchtforellenproben wiesen unterschiedliche Eh-Werte auf, die Redoxpotentiale der Bioforellen BiFo 1 lagen im mittleren Bereich. Die höchsten Gehalte wurden bei den Bioforellen BiFo 2 gemessen. Mit Ausnahme der BiFo 2 waren die Differenzen der Redoxpotentiale zwischen Forellen verschiedener Herkunft aber nur gering und im Bereich der Schwankungsbreite der Werte innerhalb eines Probenkollektivs.

Tabelle 12: Mittlere Redoxpotential-Messungen (n= 5), relativ zur Standard-Wasserstoffelektrode

Forellenprobe	Redoxpotential (mV)	pH-Wert
ZuFo 1 semi-intensiv	247 ± 17	6,37 ± 0,14
ZuFo 2 extensiv	215 ± 19	6,36 ± 0,08
ZuFo 3 intensiv	243 ± 7	
BiFo 1	238 ± 17	6,41 ± 0,08
BiFo 2	366 ± 9	

## 3.2 Nutzen und Verwertbarkeit

Hinsichtlich der Futtermittel liegt der Nutzen der Untersuchung eindeutig im Nachweis der geringeren Leistungsfähigkeit der untersuchten Ökofuttermittel im Vergleich zu den in der konventionellen Forellenzucht eingesetzten Futtermitteln. Neben der bereits unter 3. ausgesprochenen Annahme, dass andere Futtermittelhersteller wahrscheinlich ein besseres Futter auf den Markt bringen könnten, bleibt nach unserer Ansicht den Ökoverbänden die Aufgabe ihre Richtlinien unter Beachtung ihrer Prinzipien entsprechend anzupassen. Dies würde zugleich eine Entlastung der Umwelt bedeuten. Es ist im übrigen zu bezweifeln, dass diese getesteten Futter den vom Gesetzgeber geforderten Anforderungen an Futter für Salmoniden entsprechen, wie sie inzwischen von der LAWA und der Amtschefkonferenz in dem Papier „Hinweise zur Verringerung der Belastung der Gewässer durch die Fischhaltung“ im September diesen Jahres als verbindlich genehmigt worden sind. Diese Hinweise werden demnächst veröffentlicht (NN, 2003).

Hinsichtlich der Produktqualität hat die Studie gezeigt, dass die Qualität von frisch gefangenen Forellen aus deutschen Teichwirtschaften hoch ist. Dies gilt für alle untersuchten Zuchtbetriebe

gleichermaßen, wobei aufgrund der kurzen Laufzeit des Projektes die Probennahme nicht repräsentativ sein konnte. Die untersuchten Fische zeichneten sich durch eine geringe Keimbelastung, durch niedrige Rückstandsgehalte, einen relativ hohen Anteil von n-3-Fettsäuren, durch hohe Vitamin-D-Gehalte und durch eine hohe sensorische Bewertung aus. Die erhobenen Daten zu Dioxinen und dioxinähnlichen PCB aktualisieren die Kenntnisse auf diesem Gebiet und unterstützen die Arbeiten und Forschungsprogramme des BMVEL und anderer Ministerien. Die Studie hat weiterhin ergeben, dass es mit den eingesetzten Untersuchungsverfahren nicht möglich ist, Qualitätsunterschiede zwischen ökologisch und konventionell gezüchteten Forellen festzustellen.

Ziel zukünftiger Untersuchungen muss es sein, die hohe Qualität der Ausgangsware auch bei der Herstellung und Lagerung bzw. Vermarktung der typischen Forellenprodukte zu erhalten und an den Endverbraucher weiterzugeben.

Die in dieser Studie gewonnenen Ergebnisse sind auf einem Workshop bereits Vertretern von Behörden, Verbänden, des Handels und der Fischindustrie vorgestellt worden. Sie werden auf weiteren nationalen und internationalen Tagungen präsentiert und in Fachzeitschriften publiziert.

#### **4. Zusammenfassung**

Die Forelle stellt weit vor dem Karpfen das Hauptprodukt der deutschen Teichwirtschaft dar. Die inländische Produktion bewegt sich je nach Informationsquelle zwischen 22 – 25.000 t. Zusätzlich wird etwa die gleiche Menge importiert und fast vollständig auf dem deutschen Markt abgesetzt.

Die Produktion von Forellen findet ganz überwiegend in Erdteichen statt, nur ein kleiner Teil der Betriebe verwendet Fließkanäle, Rinnenanlagen oder andere ähnliche Haltungsformen. Dabei variieren die Haltungsdichten zwischen extensiv und intensiv arbeitenden Betrieben ganz erheblich und können 3 - 5 kg/m<sup>3</sup> auf der einen und über 50 kg/m<sup>3</sup> auf der anderen Seite betragen.

Einige Betriebe produzieren nach den Richtlinien für den ökologischen Landbau. Diese Entwicklung befindet sich aber noch am Beginn und weist im Forellensektor in Deutschland nur eine Produktionsmenge von rd. 100 t auf.

**Ziel des Forschungsprojektes war ein Qualitätsvergleich von ökologisch erzeugten Forellen und Forellen aus konventionellen Zuchtanlagen. Dabei wurden sowohl die für den Verbraucher wichtigen Aspekte der Produktqualität als auch die Haltungsbedingungen und damit die Auswirkungen auf die Umwelt untersucht.**

Die Studie umfasste die Untersuchung der Aufzuchtbedingungen einschließlich eigener Futterversuche und vergleichende Untersuchungen zur Produktqualität an Portionsforellen. Durchgeführt wurden die Vergleichsuntersuchungen mit zwei ökologisch zertifizierten Betrieben und wegen der größeren Variabilität in der Betriebsweise mit 3 konventionellen Forellenzuchtbetrieben. Die Auswahl der konventionellen Betriebe erfolgte nach der Intensitätsstufe (Besatzdichte). Es sollten bei den konventionellen Teichwirtschaften alle drei Stufen extensiv, semi-intensiv und intensiv vertreten sein und bei den zertifizierten, deren Besatzdichte auf 10 kg/m<sup>3</sup> begrenzt ist, was einem semi-intensiven Besatz entspricht, zumindest eine extensive und eine semi-intensive Anlage. Die Mitarbeit der Betriebe war freiwillig.

Im Rahmen der Untersuchungen der Aufzuchtbedingungen wurden die Tagesgänge verschiedener wasserchemischer Parameter an Zu- und Ablauf der Teiche gemessen. Bestimmt wurden Temperatur, Sauerstoff, der pH-Wert, der Ammonium-, Nitrit-, Gesamt- und ortho-

Phosphat - Gehalt sowie der CSB- und Feststoffgehalt. Die von den Forellenzuchten genutzten Wässer waren durch die örtlichen Eigenheiten der Wasservorkommen geprägt. In der Zusammensetzung der Ablaufwässer konnten keine Besonderheiten festgestellt werden.

In zwei Futtermittelsversuchen wurden auf dem deutschen Markt verfügbare Ökofuttermittel für Forellen aus Deutschland und der Schweiz mit auf dem deutschen Markt verfügbaren konventionellen Futtermitteln hinsichtlich Wachstum, Futtermittelverwertung und Proteinausnutzung verglichen. Diese Versuche fanden im Labor der BFA f. Fischerei, Außenstelle Ahrensburg statt. In beiden Versuchen zeigte sich eine deutliche Überlegenheit der konventionellen Futtermittel gegenüber den nach den Vorschriften des ökologischen Landbaus hergestellten Forellenfuttermitteln. Dies betraf sowohl die Abwachsleistung und den Futterquotienten (Verhältnis von gegebener Futtermittelmenge zu Zuwachs) als auch den produktiven Proteinwert (Verhältnis von eingelagertem Protein zu über das Futter verabreichtem Protein). Es wird eine Überarbeitung der Richtlinien zur Herstellung von Ökofuttermitteln für Salmoniden empfohlen.

Zusätzlich wurden Stickstoffexkretionsmuster von Forellen in Abhängigkeit von den in den Futtermittelsversuchen verwendeten Futtermitteln anhand der Ammoniumausscheidungen im Tagesgang untersucht. Es zeigten sich deutliche Abhängigkeiten von Rationsgröße, Wassertemperatur und in geringerem Maße vom Körpergewicht. Während ein Ökofuttermittel mit hohem Ascheanteil zu hohen Ammoniumausscheidungen führte, lagen diese beim zweiten Ökofuttermittel und dem getesteten konventionellen Futtermittel auf gleichem Niveau. Da dieses zweite Ökofuttermittel im Futtermittelsversuch in der Abwachsleistung klar unterlegen war, wird zur Erzielung einer gegebenen Produktionsmenge mehr Futtermittel benötigt. Dies führt zu einer im Vergleich zum konventionellen Futtermittel deutlich stärkeren Umweltbelastung.

Die Qualitätsuntersuchungen der Portionsforellen beinhalteten als ersten Schritt die Erfassung der biologischen Parameter wie Länge, Gewicht, Schlachtausbeute und des allgemeinen Gesundheitszustandes. Die mikrobiologischen und sensorischen Beurteilungen der Ware schlossen sich unmittelbar an die Probenziehung an. Gleiches galt für Farb- und Texturmessungen, für die bildverarbeitenden Methoden zur Erfassung der Oberflächenstruktur und für die Aufnahme des Aromaprofils mit der elektronischen Nase. Die weiteren Untersuchungen umfassten die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (Grundzusammensetzung, Vitamine, Carotinoide, Jodgehalte, Rückstände) und parasitologische Untersuchungen.

Insgesamt war die Qualität aller untersuchten Forellen, unabhängig von der Aufzuchtform, sehr gut. Die Fische hatten ein sehr ansprechendes Aussehen mit arttypischer Hautpigmentierung. Der mikrobiologische Status war nach 2-tägiger Eislagerung ausgezeichnet, alle Gewebe waren steril und die Eingeweide frei von Clostridien. In ihrer chemischen Zusammensetzung unterschieden sich die Fische vor allem im Fettgehalt. Die Fettgehalte im Muskelgewebe schwankten je nach Zuchtbetrieb zwischen 1,7 % und 4,7 %.

Ein Zusammenhang zwischen Aufzuchtform und Zusammensetzung konnte nicht festgestellt werden. Ernährungsphysiologisch waren Forellen aus beiden Aufzuchtformen gleich zu bewerten. Alle ermittelten Rückstandsgehalte lagen weit unter den zulässigen Höchstwerten, Unterschiede in der Belastung von ökologisch und konventionell gezüchteten Forellen wurden nicht gefunden.

Auch die sensorische Bewertung ergab keine Unterschiede hinsichtlich Geschmack, Textur und Geruch. Gleiches gilt für die Beurteilung der Proben mit instrumentellen Verfahren. Weder die Aroma- noch die Texturprofilanalyse lieferten messbare Unterschiede.



## 5. Geplante und erreichte Ziele

Hinsichtlich der Futtermittel und der Teichuntersuchungen wurden die im Antrag dargelegten Ziele erreicht. Die dabei festgestellten Schwachstellen bei den Ökofuttern lassen eine eingehendere Untersuchung angeraten erscheinen, die wiederum auch die Qualität des in hohem Maße futterabhängigen Produktes Fisch mit umfassen sollte. Abstriche bei den Teichuntersuchungen sind, wie oben erläutert abhängig von den im Vorwege erhaltenen Informationen der Teichwirte. Reibungsverluste sind erfahrungsgemäß unvermeidlich. Bei den Exkretionsuntersuchungen wurde auf die Bestimmung des Phosphates verzichtet, nachdem Voruntersuchungen ergeben hatte, dass es zu gewaltigen Sprüngen in den Konzentrationen kam, die eine sinnvolle Auswertung unmöglich machten. Hier spielen möglicherweise die partikulär gebundenen Phosphate eine entscheidende Rolle, der in Zukunft nachgegangen wird.

Auch hinsichtlich der Qualitätsuntersuchungen wurden die im Antrag dargelegten Ziele voll erreicht.

Alle aufgeführten Qualitätsparameter konnten dem Vorhaben entsprechend bestimmt werden. Bei den Rückstandsuntersuchungen wurde aufgrund der Aktualität und des Beratungsbedarfs des BMVEL der Schwerpunkt auf die Analyse der dioxinähnlichen PCB und der Dioxine gelegt. Die Ermittlung der Carotinoidgehalte wurde gegenüber der geplanten einfachen photometrischen Bestimmung auf eine aussagekräftigere, isomerenspezifische HPLC-Analytik ausgedehnt. Die Zusammenführung aller Einzeldaten ergibt eine umfassende Qualitätsbeurteilung von Forellen auf dem deutschen Markt.

## 6. Literaturverzeichnis

- Ackman R.G.; Takeuchi, T., 1986. Comparison of fatty acids and lipids of smolting hatchery-fed and wild Atlantic salmon *Salmo salar*. Lipids (21), 117-120.
- Alder, L.; Beck, H.; Khandker, S.; Karl, H.; Lehmann, I., 1997. Levels of toxaphene indicator compounds in fish. Chemosphere 34 (5-7), 1389-1400.
- Anderson, H.J. et al., 1990. Development of rancidity in salmonoid steaks during retail display. Z. Lebensm Unters Forsch 191, 119 – 122.
- Bergleiter, S., 2001. Organic products as high quality niche products: background and prospects for organic freshwater aquaculture in Europe. p. 84 – 94, in: Report of the ad hoc EIFAC/EC Working Party on Market Perspectives for European Freshwater Aquaculture, Brussels, Belgium, 14 – 16 May 2001, EIFAC Occasional Paper No. 35, Rome, FAO , 136 p.
- BMVEL, 2002. Jahresbericht über die Deutsche Fischwirtschaft 2002. Herausgeber Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Postfach 14 02 70, 53107 Bonn, 225 p.
- Bruhn, M., 2001. Die Nachfrage nach Bioprodukten – Eine Langzeitstudie unter besonderer Berücksichtigung von Verbrauchereinstellungen. Diss. , Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät, Christians-Albrecht-Universität, Kiel.
- DGF, 1998. Fettsäuremethylierung. DGF-Einheitmethode C-VI 11d.
- DGF, 2000. Gaschromatographische Bestimmung der Fettsäuremethylester. DGF-Einheitmethode C-VI 10a.
- Eichholz, B. 1997. Wirkungsweise eines Mikrosiebes zur Verbesserung der Ablaufwasserqualität einer Forellenanlage. Diplomarbeit, Fakultät für Biologie, Albert-Ludwig-Universität, Freiburg.
- EG-Kommission, 2001. Verordnung (EG) Nr. 466/2001 der Kommission zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, i.d.F. vom 2.04.2002 . Abl. Nr. L 86/5.
- George R.; Bhopal, R., 1995. Fat composition of free living and farmed sea species: implications for human diet and sea-farming techniques. Brit. Food J. 97, 19-22.
- Gonzalez et al., 1999. Bacterial micro flora of wild brown trout (*Salmo trutta*), wild pike (*Esox lucius*) and aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Food Prot. 62 (11), 1270-1277.
- Haard, N. F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. Food Res. Int. 25, 289-307.
- Karl, H.; Kuhlmann, H.; Oetjen, K., 2002. Transfer of toxaphene and chlordane into farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, via feed. Aquaculture Research 33, 925 –932.

- Karl, H.; Münkner, W.; Krause, S.; Bagge, I., 2001. Determination, spatial variation and distribution of iodine in fish. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 97(3), 89-96.
- LMBG, 1987. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG, Sensorische Prüfverfahren, Dreiecksprüfung, 00.90/7.
- Naturland, 2002. Naturland Richtlinien für die Ökologische Aquakultur. Naturland-Verband für naturgemäßen Landbau e.V., Kleinhaderner Weg 1, 82166 Gräfelfing.
- NN, 2003. Hinweise zur Verringerung der Belastung der Gewässer durch die Fischhaltung. Manuskript, Gesprächskreis 61, BMU.
- Oehlenschläger, J., 1997. WEFTA interlaboratory comparison on nitrogen determination by Kjeldahl digestion in fishery products and standard substances. Inf. Fischwirt. 44(1), 31-37.
- Oetjen, K.; Karl, H., 1999. Improvement of gas chromatographic determination methods of volatile amines in fish and fishery products. Deutsche Lebensmittelrundschau 95 (10), 403-407.
- Orban, E.; Sinesio, F.; Paoletti, F., 1997. The functional properties of the protein, texture and the sensory characteristics of frozen sea bream fillets (*Sparus aurata*) from different farming systems. Lebensm.- Wiss. u. - Technol. 30, 29-34.
- Richtlinie 2002/69/EG der Kommission vom 26.07.02 zur Festlegung der Probenahme- und untersuchungsverfahren für die amtliche Kontrolle von Dioxinen sowie zur Bestimmung von dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln. Abl. L209/5 vom 6.8.2002.
- Smedes, F., 1999. Determination of total lipid using non-chlorinated solvents. Analyst 124, 1711-1718.
- Strubelt, T., 2003. Biosiegel – Aquakulturprodukte auf dem Prüfstand. AUFAUF 1, 3 – 9.
- Van Vliet T.; Katan, M.B., 1990. Lower ratio of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. Am. J. Clin. Nutr. 51, 1-2.
- Wedekind, H. 2003. Vergleich eines konventionellen mit einem „ökologischen“ Forellenfuttermittel. Fischer & Teichwirt 54, (12), 443 –444.
- Wood, Ch. M., 2001. Influence of feeding, exercise, and temperature on nitrogen metabolism and excretion. p. 201 – 238, in: P. Wright , Paul Anderson (eds.) Nitrogen Excretion, Vol. 20 Fish Physiology, Academic Press.

**Betriebsfragebogen BIOFORELLE**

**Teil A: Allgemeine Angaben zum Betrieb**

**Lage, Bundesland:**

**Größe d. Betriebes:**

- Teichfläche (ha):

- Anzahl Teiche:

**Wasserversorgung:**

- Vorfluter :

- Name:

- Gesamtentnahme (l/sec)

- Vorbehandlung (z.B. Filtern, Belüften)

- Quelle:

- Name:

- Schüttung (Sommer/Winter)

- Vorbehandlung (z.B. Filtern, Entgasen, Belüften)

- Pumpe:

- Tiefe

- Menge (l/sec)

- Temperatur (Sommer/Winter)

- Vorbehandlung (z.B. Entgasen, Belüften)

- Gasblasenkrankheit jemals beobachtet?

**Fischbestand:**

- Welche Arten? (%uale Aufteilung)

- Welche Größen? ( " )

- Welche generellen Besatzdichten

- Bei Setzlingen

- Bei Speisefischen

- Besatzmaterial:

- Eigenproduktion (%)

- Zukauf (%)

- Wieviel

- Welche Größen

- Aus welchem Betrieb

- Besatzdichte:

- Setzlinge

- Speisefische

**Futter:**

- Eigenproduktion (%) ???

- Zukauf (%)

- Futterart (Bezeichnung)

- Von einer Fa?(Name)

- Von mehreren Firmen? (Namen)

**Sortieren:**

- Wie oft?
- Welche Größen?
- Wie?

**Medikamenteneinsatz:** Wie oft?

- Welche Medikamente?

**Verluste ganzer Betrieb:**

- Setzlinge
- Speisefische

## Betriebsfragebogen BIOFORELLE

### Teil B: Fragen zum untersuchten Teich

#### Teich:

- Bauart (Erdteich, Uferbefestigung etc.)
- Tiefe
- Größe
- Lage (ruhig, beschattet, sonnig, Ausdehnung Himmelsrichtung etc.)
- Belüftung:
  - Welche
  - Wie viele
  - Ganztags /stundenweise
- Pflege:
  - Trockenlegen wie lange, jährlich?
  - Kalkung (DZ /ha)

#### Wasserversorgung:

- Direkt aus Vorfluter
  - Vorbehandelt (Filtern, Belüften)
  - Temperaturgang Sommer Winter
- Aus Umlaufgraben
  - Vorbehandelt
  - Temperaturgang Sommer Winter
  - Entwässern vorher Teiche in den UG?
- Aus oberliegenden Teichen
  - Wie viele Teiche vorher
  - Wie sind die besetzt
  - Temperaturgang Sommer Winter
- Grundwasser gepumpt
  - Vorbehandelt (Enteisen, Belüften, Entgasen)
  - Temperaturgang

#### Fische:

- Lebenslang im eigenen Betrieb
- Zugekauft
  - Wann
  - Wie groß
  - Wo
- Bestand
  - Fischart
  - Größe der Tiere
  - Stückzahl
  - Gesamtbestand (ergibt sich, den "wissen" die TW aber oft besser)
  - Geschätzter Zuwachs/Tag (ev. weglassen)
  - Verluste während der Aufzucht im untersuchten Teich
  - Medikamente während der ganzen Aufzuchtphase
    - Welche
    - Wie lange
    - Welche Konzentrationen

**Futter:**

- Hersteller, Futterbezeichnung
  - Pelletgrößen
  - Schwimmend
  - Sinkend
- Wie oft im Jahr bestellt (Vitamine)
- Wie gelagert, wie lange (s.o)
- Fütterung über Automaten (wie viele pro ha), Tagesration, mehrere Tage
- Fütterung mit der Hand (wie oft am Tag)
- Tagesfuttermenge (%) oder Kg (dann über Bestand ausrechnen).

***Titel des Projektes***

Qualitätsvergleich von Regenbogenforellen aus konventioneller und ökologisch zertifizierter Aufzucht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der „Bioforelle“

***Gesamtziel des Projektes***

Die Forellenteichwirtschaft ist in Deutschland mit rd. 25 000 t Jahresproduktion der Hauptproduktionszweig der im Süßwasser stattfindenden Forellenzucht. Die Forelle wächst - meist handelt es sich um die Regenbogenforelle - in kleinen durchströmten Teichen auf der Basis einer Versorgung mit vollwertigen Alleinfuttermitteln auf. In der konventionellen Produktion der Forelle überwiegt die intensive Haltung, wobei Futter, Wasserversorgung, Besatzdichte und Haltungstechnik variieren.

In den letzten Jahren entwickelte u.a. Naturland Richtlinien für die Produktion von Salmoniden und seit dem Jahre 2000 sind Öko-Forellen aus zertifizierter, heimischer Fischhaltung zu erhalten. Bisher fehlen allerdings Qualitätsbewertungen der so erzeugten Forellen.

ZIEL DES FORSCHUNGSPROJEKTES IST EIN QUALITÄTSVERGLEICH VON ÖKOLOGISCH ERZEUGTEN FORELLEN UND FORELLEN AUS KONVENTIONELLEN ZUCHTANLAGEN

Im Vordergrund der Untersuchungen steht der für den Verbraucher wichtige Aspekt der Produktqualität, wobei die Haltungsbedingungen und damit auch die Auswirkungen auf die Umwelt eine weitere zentrale Rolle spielen. Da das Futter entscheidend die Produktqualität beeinflussen kann, soll im Rahmen des Projektes auch die ernährungsphysiologische Qualität von Ökofutter und konventionellem Forellenfutter verglichen werden.

***Wissenschaftliche u/o. technische Arbeitsziele des Vorhabens***

Der Vergleich von ökologisch und konventionell erzeugten Forellen wird eine Reihe von Untersuchungen beinhalten, die insgesamt die Qualität der Produkte charakterisieren. Die geplanten Untersuchungen teilen sich in mehrere Abschnitte auf, die teilweise parallel bearbeitet werden:

- Erfassung der biologischen Einflussparameter
- Untersuchungen des eingesetzten Futters
- Vergleich der Produktqualitäten von mehreren Betrieben



- Erfassung der biologischen Einflussparameter

Die Hälterungs- und Aufzuchtbedingungen beeinflussen eine Reihe von biologischen Parametern wie **Größe, Gewicht, Wachstumsrate** und **Schlachtausbeute**, aber auch die Anfälligkeit gegenüber **Fischkrankheiten**.

Das Nahrungsangebot (z.B. Futterzusammensetzung), die Bewegungsfreiheit und die Wasserqualität bzw. die Temperatur der Zuchtgewässer bestimmen die Grundzusammensetzung der Tiere und beeinflussen Konsistenz, Aroma und Geschmack des Fleisches und damit die Qualität der Produkte.

- Untersuchungen des eingesetzten Futters

Da das **Futter** im Zusammenhang mit der Produktqualität und den Auswirkungen auf die Umwelt eine ganz zentrale Rolle spielt, sollen zusätzlich **Futtermessungen** durchgeführt werden, mit denen auf dem Markt befindliche Ökofutter geprüft werden können. Dabei ist nicht nur auf die üblichen Parameter wie **Verwertung, Verdaulichkeit, Retentionen und Abwuchs** zu achten, sondern auch auf die **Freiheit von Schadstoffbelastungen in Futter** und Fisch. Mindestens ebenso wichtig ist allerdings die Bestimmung der wieder **ausgeschiedenen Phosphor- und Stickstoffmengen** in Abhängigkeit von den Futterkomponenten. Auch diese sind zu analysieren und zu bewerten.

- Vergleich der Produktqualitäten von mehreren Betrieben

Die **Qualität des Lebensmittels** Fisch wird von vielen Faktoren bestimmt. Hierzu zählen die **Zusammensetzung des eßbaren Anteils**, d.h. der Fett-, Eiweiß- und Wassergehalt, die Gehalte an erwünschten Inhaltsstoffen wie **Jod, mehrfach ungesättigte Fettsäuren und Vitamine**, die Gehalte an unerwünschten Inhaltsstoffen wie **PCB, Pestizide, Arzneimittel**, und die **sensorische Beschaffenheit des Fleisches**, d.h. die Zartheit (Textur), Saftigkeit, Aroma u.a.

Alle genannten Parameter bestimmen die sensorische Gesamtqualität und damit die Akzeptanz durch den Verbraucher. Dies gilt gleichermaßen für wildlebende Fische und für Fische aus der Aquakultur.

Zur Akzeptanz eines Erzeugnisses durch den Verbraucher gehören aber auch eine optisch ansprechende äußere Beschaffenheit und die Farbe. **Bildverarbeitungsmethoden** (Image processing) und **Farbmessungen** sollen für eine berührungslöse Oberflächeninspektion eingesetzt werden, da mit diesen Analysensystemen vielseitige Oberflächenmerkmale erfasst werden können.

Qualitätsbestimmend ist auch **der mikrobiologische Status** und ein möglicher **Parasitenbefall**. Der Einsatz von natürlichem Futter bzw. die Aufzucht in naturbelassenen Gewässern birgt immer die Gefahr der Parasitenaufnahme. Auch der mikrobiologische Status der Rohware hängt von der Qualität der Haltungsgewässer ab, er ist entscheidend für die gesundheitliche Unbedenklichkeit und Haltbarkeit der Produkte.

Die Untersuchungen sollen im Einzelnen umfassen:

1.) Biologische Parameter

- *Gewicht*
- *Größe*
- *Gonadenansatz*
- *Wachstumsrate*
- *Futterverwertung*
- *Fischkrankheiten*
- *Schlachtausbeute*

2.) Bestimmung der Grundzusammensetzung

*Bestimmung der Zusammensetzung des eßbaren Anteil an mindestens je 20 Fischen aus jeder konventionellen und alternativen Zuchtanlage (um eine statistische Sicherheit der Aussagen zu erhalten).*

*Folgende Einzelanalysen sollen durchgeführt werden:*

- *Gesamtfett (Bestimmung nach Bligh & Dyer)*
- *Gesamteiweiß*
- *Wasser (Trockensubstanzbestimmung)*
- *pH-Wert des Fleisches*

*Die entsprechenden Analysensysteme stehen zur Verfügung und werden im Routinebetrieb des Hauses eingesetzt.*

3.) Sensorik

*Mit der sensorischen Prüfung werden die Qualitätsparameter*

- *Geschmack*
- *Geruch*
- *Konsistenz*
- *Aussehen*

*gleichzeitig bewertet und der Prüfer erhält ein umfassendes Bild des Produktes.*

*Der Sensorik kommt daher eine zentrale Rolle zu.*

*Geplant sind vergleichende sensorische Beurteilungen von Kochproben durch eine 5 – 7 köpfige Prüfergruppe (Panel) mit paarweiser Unterschiedsprüfung und Dreiecksprüfung.*

*Die Beschreibung der Prüfungen ist in der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG enthalten.*

#### 4) Mikrobiologischer Status

Proben aus der Haut und dem Gewebe von den zu untersuchenden fangfrischen Forellen sollen auf die Gesamtkeimzahlen, die Zahl der spezifischen Verderbskeime (*Shewanella putrefaciens*), Pseudomonaden, Enterobakterien und Coliformen untersucht werden.

#### 5) Texturmessung

Objektive physikalische Bestimmung der verschiedenen Texturparameter wie Festigkeit, Elastizität, Zähigkeit usw. durch instrumentelle Texturprofilanalyse.

#### 6) Farbmessung

Erfassung der einzelnen Farbkomponenten des Muskelfleisches durch instrumentelle Farbmessung. Die Analytik ermöglicht die objektive Bewertung eventueller Farbunterschiede.

#### 7) Wasserbindungsvermögen

Durch die Aufzuchtbedingungen wird das Wasserbindungsvermögen (sensorisch als Saftigkeit empfunden) beeinflusst.

#### 8) Image Processing

Eine Oberflächeninspektion von Haut und Muskelfleisch mit Bildverarbeitungsmethoden bietet sich an, um Qualitätsunterschiede in der Beschaffenheit und Struktur von Muskelfleisch sichtbar zu machen.

#### 9) Electronic nose

Die elektronische Nase ist ein Multi-Gas-Sensorsystem zur Bestimmung flüchtiger Stoffgemische. Die verschiedenen Sensoren reagieren unterschiedlich empfindlich auf flüchtige Verbindungen im Headspace einer Probe. So entstehen spezifische Signalmuster. Dabei sind die für das Sensorsystem wichtigen Substanzen nicht zwangsläufig auch sensorisch erkennbare, d. h. geruchsaktive Bestandteile des Probenmaterials. Die Signale der einzelnen Sensoren werden aufgezeichnet und mit verschiedenen Methoden der Mustererkennung analysiert und ausgewertet.

#### 10) Bestimmung der Fettsäuremuster

Die Fettsäuremuster werden mittels Gaschromatographie bestimmt. Das Fett wird aus dem Homogenisat extrahiert, die enthaltenen Fettsäuren werden in eine flüchtige Form umgewandelt (methyliert), so dass sie gaschromatographisch bestimmt werden können. Zur Bestimmung der einzelnen Fettsäuren wird ein Standardgemisch mit bekannten Fettsäuremethylestern herangezogen.

### 11) Bestimmung organischer Rückstände

*Erfassung der Schadstoffmuster und mögliche Differenzierung der Gehalte an chlororganische Kontaminanten durch GC MS nach vorheriger Fettabtrennung über Gelchromatografie und Fraktionierung an Kieselgel. Die Analytik erfolgt nach einer modifizierten Methode von Karl et al. 1998.*

### 12) Bestimmung besonders erwünschter Inhaltsstoffe

*Bestimmung ernährungsphysiologisch wichtiger Inhaltsstoffe im essbaren Anteil von Poolproben . Hierzu zählen Jod und Vitamin D.*

### 13) Arzneimittelscreening

*Der Nachweis von Arzneimitteln erfolgt mit dem „EEC-Four plate test“. Der Test dient dem Nachweis von antimikrobiellen Hemmstoffen in Gewebeproben.*

### 14) Parasitenbefall

*Untersuchung über einen möglichen Parasitenbefall in den Eingeweiden und im Muskelfleisch an je 100 Fischen. Die Bestimmung erfolgt durch Verdauung der Eingeweide mit Pepsin/HCL (Anonymus, 1988) und Untersuchung der Filets mit der UV/Press-Methode (Karl und Leinemann, 1993).*

### 15) Untersuchung des Futters

- Weender Analyse

In Ergänzung zu den Produktuntersuchungen an den Forellen und an den Futtern, sollen wasserchemische Untersuchungen in den besuchten Betrieben stattfinden. Dazu werden im Verlauf eines Tagesganges stündlich Wasserproben an Zu- und Ablauf genommen und auf Ammonium, Nitrit, Phosphat, abfiltrierbare Stoffe und Chemischen Sauerstoffbedarf sowie Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse dienen dazu, sich einen ungefähren Überblick über die Veränderungen der Wasserqualität im Verlauf eines Tages zu verschaffen. Sie sollen nicht dazu dienen, die Betriebe einem direkten Vergleich zu unterziehen. Dazu wären weit umfangreichere Arbeiten nötig, die den Rahmen dieser Untersuchung sprengen würden.

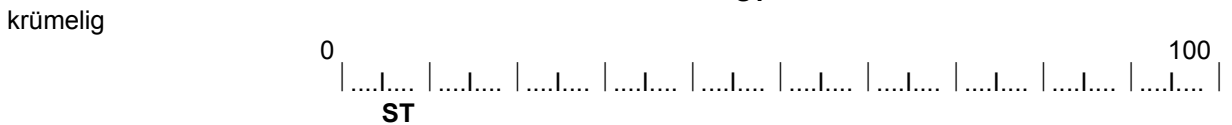
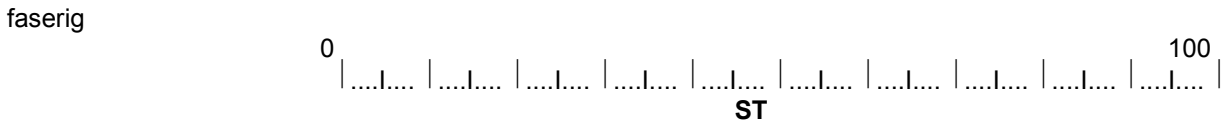
**Alle Angaben werden anonymisiert, um Hinweise auf die Betriebe, die sich für diese Untersuchungen zur Verfügung stellen, zu vermeiden.**

**Anlage 3**

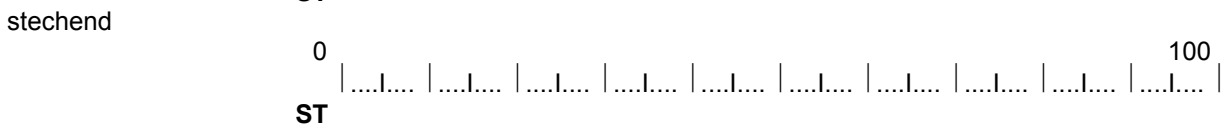
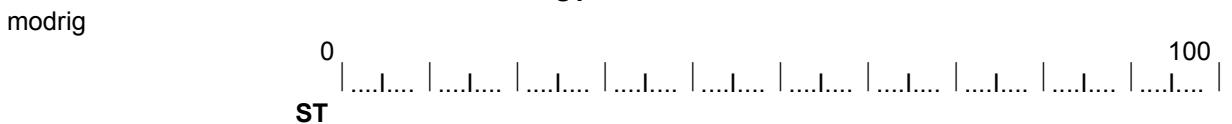
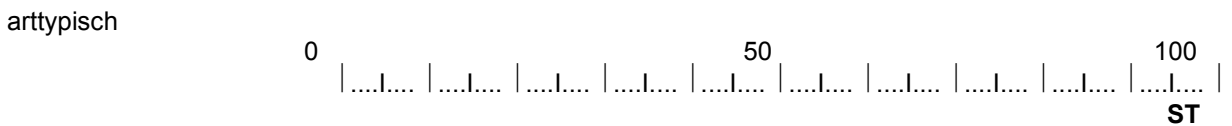
Sensorik-Vergleich: Bioforelle – konventionelle Aufzucht

Datum:..... Name:..... Probe:.....

Textur:

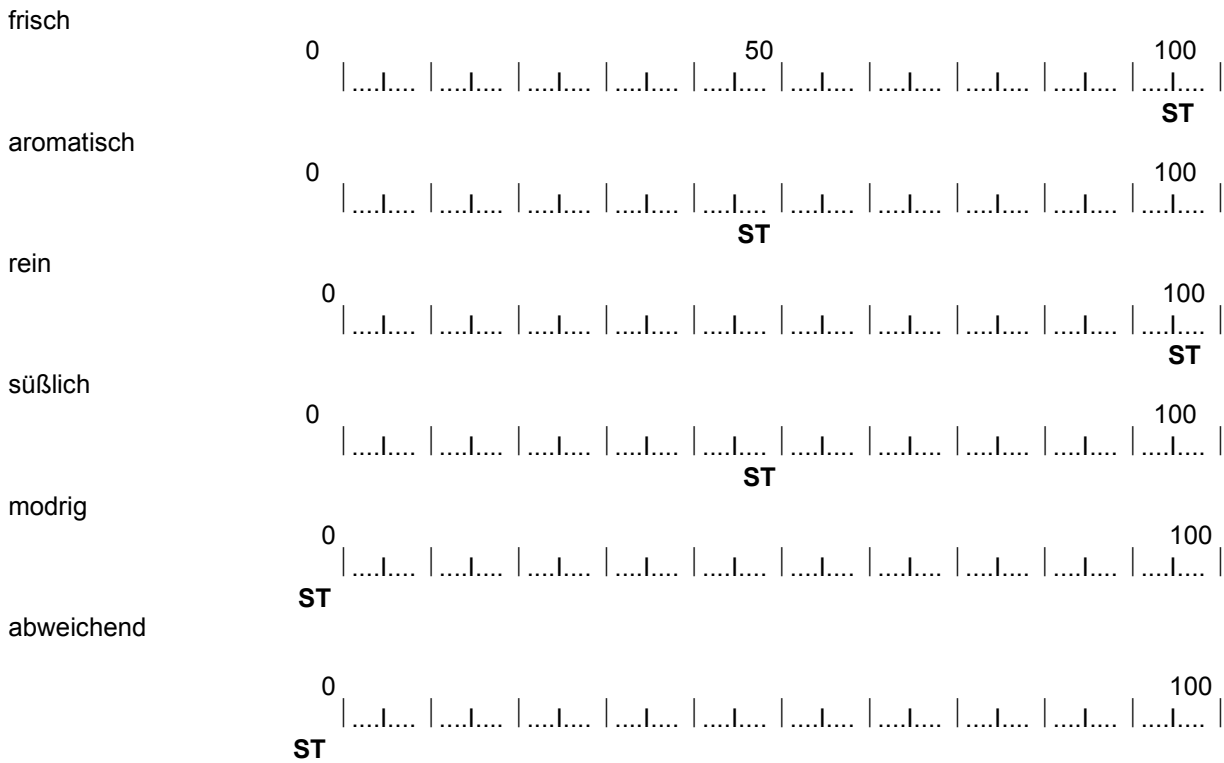


Geruch



Bemerkungen:

Geschmack



Abweichung: muffig  stechend  tranig  bitter  sauer

Bemerkungen:

Unterschied: Standardforelle – Bio- / konventionelle Forelle

- Bevorzugung:
- Standardforelle \*)
  - Testforelle \*)
  - Keine

\*) Begründung:

-----