

# BÖL

Bundesprogramm  
Ökologischer  
Landbau

## Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bio-Forellen und konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungshilfe für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe

Quality changes during processing and storage in selected products obtained from organically and conventionally grown rainbow trouts as instruction basis for small trout farming enterprises

FKZ: 02OE007/F2

**Projektnehmer:**

Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel  
Institut für Qualität und Sicherheit bei Milch und Fisch  
Palmaille 9, 22767 Hamburg  
Tel.: +49 40 38905-119  
Fax: +49 40 38905-262  
E-Mail: [poststelle@mri.bund.de](mailto:poststelle@mri.bund.de)  
Internet: <http://www.mri.bund.de>

**Autoren:**

Manthey-Karl, Monika; Hilge, Volker; Karl, Horst; Lehmann, Ines; Meyer, Carsten; Ostermeyer, Ute; Rehbein, Hartmut

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

**Untersuchungen zur Qualitätsveränderung bei der Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und konventionell erzeugten Forellen als Voraussetzung für die Erstellung einer Handlungsanweisung für handwerkliche Forellenzuchtbetriebe  
- BLE 02OE007/F 2 -**

**Ein Projekt aus dem Bundesprogramm „Ökologischer Landbau“**

## **Abschlussbericht**

Laufzeit und Berichtszeitraum: 15. 11. 2004 – 31. 12. 2006 (verlängert bis 28. 02. 2007)

### **Beteiligte Institutionen:**

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL)  
Forschungsbereich Fischqualität  
Palmaille 9, 22767 Hamburg

Bundesforschungsanstalt für Fischerei  
Institut für Fischereiökologie, Außenstelle Ahrensburg (IFÖ)  
Wulfsdorfer Weg 204, 22926 Hamburg

### **Verantwortliche Wissenschaftler:**

Leb. chem. Monika Manthey-Karl (BfEL)  
Dr. Volker Hilge (IFÖ)

### **Beteiligte Wissenschaftler:**

Dr. H. Karl, Leb.Chem. I. Lehmann, Dr. C. Meyer, Dr. U. Ostermeyer, Dr. H. Rehbein



## Inhaltsverzeichnis

1. Kurzform Zusammenfassung.....	1
2. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes.....	3
3. Planung und Ablauf.....	5
4. Aktueller wissenschaftlicher und technischer Stand.....	6
4.1 Rahmenbedingungen zur Aufzucht von Forellen nach konventionellen oder ökologischen Verfahren.....	7
4.2 Untersuchungen zur Qualität von geräucherten Forellenprodukten.....	8
5. Material und Methoden	
5.1 Vor-Ort Erhebungen in Räucherbetrieben.....	10
5.2 Aufzucht der Forellen	
5.2.1 Aufzucht von Regenbogenforellen für die Qualitätsuntersuchungen.....	13
5.2.2 Futtersuche.....	14
5.3 Räuchern der Forellen des Modellversuchs.....	15
5.4 Qualitätsuntersuchungen.....	15
4.4.1 Beschreibung der Untersuchungsmethoden zur Qualitätsbestimmung.....	16
6. Ergebnisse	
6.1 Auswertung der Fragebögen und der Betriebsbesichtigungen.....	20
6.2 Darstellung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse	
6.2.1 Untersuchungen zur Aufzucht: Futtersuch (Modellversuch).....	22
6.2.2 Untersuchungen zur Qualität.....	25
6.2.2.1 Bestimmung biologischer Kennzahlen .....	25
6.2.2.2 Chemische Zusammensetzung, TVB-N-, TMA-N- und DMA-N-Gehalte .....	25
6.2.2.3 Fettsäurezusammensetzung.....	30
6.2.2.4 Fettverderb (Malondialdehyd, Peroxidzahl).....	31
6.2.2.5 Mikrobiologische Untersuchungen.....	33
6.2.2.6 Sensorik.....	35
6.2.2.7 Physikalische Farbmessungen.....	40
6.2.2.8 Messungen mit der elektronischen Nase.....	42
6.2.2.9 Redoxpotential und Glutathiongehalte .....	43
6.2.3 Zusammenfassung von 6.2.2.....	47
7. Erhitzungstemperatur geräucherter Forellen	
7.1 Proteinanalytische Methoden zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur	
7.1.1 Isoelektrische Fokussierung und Coretti Test.....	48
7.2 Validierung der proteinanalytischen Methoden.....	53
7.3 Bestimmung der Räuchertemperatur von geräucherten Forellen und Filets aus dem Handel.....	55

## 8. Praxisorientierte Versuche zur Verarbeitung von Forellen

8.1 Salzen von Forellen vor der Räucherung.....	58
8.2 Räucherversuche.....	62
8.3 Ergebnisse.....	66
9. Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	66
10. Nutzen und Verwertbarkeit.....	66
11. Zusammenfassung.....	66
12. Geplante und erreichte Ziele.....	71
13. Literaturverzeichnis.....	72
Anlagen.....	ab 75

## 1. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE (KURZFORM)

Untersucht wurden die Qualitätsveränderungen bei der Verarbeitung und Lagerung von ökologisch und konventionell erzeugten Räucherforellen. Wegen fehlender fundierter Grundlagen werden diese beiden Produktionsformen oft eher subjektiv bewertet, so dass die vorliegenden Ergebnisse zu einer Versachlichung der Beurteilung beitragen können.

Durch Besichtigungen kleiner bis mittelständischer Räuchereien in verschiedenen Teilen der Bundesrepublik wurden individuelle Verarbeitungsstrukturen erfasst. In Versuchen wurden die Auswirkungen der wichtigsten Arbeitsschritte auf die Qualität näher untersucht.

Die Aufzucht der Forellen wurde unter standardisierten Bedingungen durchgeführt (Modellversuch). Die für die Produktqualität entscheidenden Parameter Futterzusammensetzung und Besatzdichte entsprachen den ökologischen und konventionellen Zuchtbedingungen, während alle anderen Einflussgrößen (z.B. Wasserqualität) konstant gehalten wurden.

Es wurden verschiedene Ökofutter für Forellen getestet und mit einem konventionellen Futter (Standardfutter) hinsichtlich Wachstum, Futterauswertung und Proteinausnutzung verglichen. Extrudiertes Ökofutter desselben Herstellers schnitt deutlich besser ab als pelletiertes. Daher ist es sinnvoll, dass betroffene Ökoverbände ihre Richtlinien geändert und extrudierte Futter in der ökologischen Aquakultur zugelassen haben.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das als hochwertig bekannte konventionelle „Standardfutter“, gegenüber den drei getesteten Ökofuttern in diesem Versuch bei 4 mm-Pelletgröße nur relativ geringe Leistungsvorteile zeigte, in kleineren Größen (2 mm) aber deutlichere Vorteile hatte.

Mit durchschnittlich 6,0 % Fett waren die geräucherten konventionellen Forellen des Modellversuches deutlicher fetter als die ökologisch aufgezogen (4,5 %). Die Rohproteingehalte waren mit 21,4 % bzw. 21,6 % typisch. Die Salzgehalte lagen mit 1,44 % (konventionell) bzw. 1,8 % relativ hoch. Die Handelsproben hatten Fettgehalte zwischen 6 und 9 % und Salzgehalte zwischen 0,8 und 1,6 %.

Es wurden Lagerversuche (2-4 °C /28 Tage) mit den Räucherforellen des Modellversuches (Ganzfisch, vakuumverpackte Filets) durchgeführt. Vergleichend dazu wurde Handelsware (ganzen Räucherforellen /konventionell; vakuumverpackte Forellen und -filets/ ökologisch) gelagert. Die Proben wurden mikrobiologisch, sensorisch, chemisch und mit physikalischen Methoden (Farbmessung, elektronische Nase) beurteilt.

Die Messung der flüchtigen stickstoffhaltigen Basen, Trimethylamin- und Dimethylamin-Gehalte war zur Verfolgung von lagerungsbedingten Qualitätsveränderungen nicht geeignet, ebenso die Bestimmung des Redoxpotentials und von Muskelinhaltsstoffen wie Malondialdehyd (Indikator für eine Fettoxidation). Der Gehalt an dem Antioxidans Glutathion ließ keinen Rückschluss auf die Frische der Räucherfische und die Aufzuchtform zu.

Die einzelnen Komponenten und die Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren veränderten sich nicht mit der Lagerung. Die Fettsäureverteilung war für Forellen aus der Aquakultur typisch. Es ergaben sich für einige Fettsäuren aufzuchtbedingte unterschiedliche Gehalte als Folge der unterschiedlichen Futtermittel, die aber als ernährungsphysiologisch unbedeutend zu werten sind.

Alle untersuchten Proben (Modellversuch, Handel) waren unter mikrobiologischen Aspekten von guter oder sehr guter Qualität. In konventionellen vakuumverpackten Räucherfilets wurden jedoch seltener Bakterien und im Vergleich niedrigere Gesamtkeimzahlen gegenüber den ökologisch produzierten gefunden. Die Befunde gaben jedoch in keinem Fall Anlass zu Beanstandungen noch waren sie geeignet, die sensorischen Ergebnisse zu beeinflussen.

Die Qualität der Proben nahm kontinuierlich ab, war jedoch bei beiden Produktformen am Ende der sensorischen Verkostungen (empfohlene Haltbarkeit, Mindesthaltbarkeitsdatum) durchaus noch als durchschnittlich zu bezeichnen und keinesfalls verdorben.

Mit proteinanalytischen Methoden (isoelektrische Fokussierung der wasserlöslichen Proteine/ Flockungstest nach Coretti) zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur von geräucherten Forellen wurde festgestellt, dass die in den Leitsätzen geforderte Kerntemperatur von 60 °C nicht immer erreicht wurde. Dies bestätigten die Analysen von 17 Handelsproben, von denen 2 deutlich unter 55 °C geräuchert worden waren. Bei der untersuchten Bioware war sie zuverlässig erreicht worden.

Insgesamt gab es keine statistisch abzusichernden Unterschiede zwischen den konventionellen und den ökologischen Forellenprodukten des Modellversuches. In Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen an rohen Forellen ließen die Untersuchungen keine Rückschlüsse auf die Produktionsform zu.

Die Befragung in den Betrieben zeigte, dass es nur sehr selten standardisierte Produktionsabläufe gibt. Eigene Rezepturen und Erfahrung sind bestimmend. Die hauptsächlichsten Unterschiede liegen bei den Salzungsbedingungen für die Rohware und der Temperaturführung während der Räucherung.

In Versuchen wurden die Auswirkungen der hauptsächlich praktizierten Verfahren auf die Höhe der Salzgehalte im Produkt ermittelt, die je nach Rezeptur im geräucherten Muskelfleisch zwischen 1 und 2 % lagen. Laken bei niedrigen Temperaturen (2 °C / 16 °C) reduzierte die Salzaufnahme.

Eine Überprüfung der erreichten Kerntemperatur beim Räuchern ist überwiegend nicht üblich. Versuche mit verschiedenen Räucheröfen dokumentierten, dass die Temperaturen im Räuchergut stets niedriger waren als die Ofentemperatur, unabhängig davon, ob schnell oder langsam erhitzt wurde. Die Messung in der Kammer ließ keine zuverlässigen Rückschlüsse auf die Kerntemperatur zu und sollte bei den praxisüblichen Verfahren durch Messungen in den Forellen nachgeprüft werden.

Die besuchten ökologisch arbeitenden Betriebe waren modern ausgestattet unter Berücksichtigung heutiger Hygienestandards. Sie zeigen, dass sich die Grundsätze einer ökologischen Produktion und einer modernen Betriebsführung nicht ausschließen sondern im Gegenteil durch die Richtlinien des ökologischen Landbaus forciert werden.

## 2. ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG DES PROJEKTES

Forellenteichwirtschaften sind seit Jahren der erfolgreichste Zweig der deutschen Binnenfischerei. Rund 19000 t Speiseforellen wurden in Deutschland 2005 produziert, hauptsächlich in den südlichen Landesteilen. Zusammen mit den Importen wurden 35 000 t Forellen an inländische Verbraucher abgesetzt (1).

Im Vergleich zu den Anlandungen von Seefischen muss man die Produktion von Süßwasserfischen allerdings als eher bescheiden einstufen. Dennoch nimmt die Forelle als zweitwichtigster Süßwasserfisch nach dem Lachs beim Verbraucher in der Rangfolge der beliebtesten Fischarten immerhin Platz 6 ein (2).

Der Umsatz mit Erzeugnissen aus der ökologischen Aquakultur ist in Deutschland weltweit am höchsten. Der Anteil der heimischen Produktion spiegelt das jedoch nicht wider. Bei Forellen basiert sie nur auf wenigen Betrieben und ist mit einer jährlich gehandelten Menge von ca. 100 t eher unbedeutend.

Unabhängig ob konventionell oder ökologisch ausgerichtet, sind die Betriebsgrößen in Deutschland überwiegend klein. Aufzucht und Vermarktung gehen in der Regel Hand in Hand. Die Absatzwege für Forellen und Forellenprodukte sind regional sehr verschieden und hängen von der Größe, Struktur und Lage der Betriebe ab. Traditionell wird der überwiegende Teil der Forellen direkt als Frischware vermarktet, d. h. es wird ab Hof oder auf regionalen Märkten verkauft. Um die Produktvielfalt zu erhöhen, ziehen viele Züchter als Nebenfische z. B. Bachforellen, Saiblinge oder Äschen auf, die vergleichbare Umgebungsansprüche stellen.

Zu dem Angebot frischer Forellen ist in den letzten Jahren verstärkt eine weitergehende Verarbeitung und Veredelung der Rohware hinzugekommen. Insbesondere das Räuchern erhöht den Verkaufspreis deutlich und bietet zusätzliche Möglichkeiten zur Wertschöpfung, die den Mehraufwand lohnen. Typische Forellenprodukte sind heiß-geräucherte, d. h. auf mindestens 60°C erhitzte, ausgenommene ganze Fische. Auch das anschließende Filetieren und damit die Vermarktung geräucherter Forellenfilets gehören inzwischen zum Standardangebot, ebenso das in Süddeutschland sehr verbreitete Abpacken dieser Ware unter Vakuum. Hier wird augenscheinlich dem Wunsch des Verbrauchers nach Erwerb eines verzehrfertigen Produktes und einer längeren Haltbarkeit durch die spezielle Verpackung Rechnung getragen.

Obwohl die Handhabung der unter Luftabschluss verpackten Ware grundsätzlich einfacher ist, lehnen viele der kleinen Räuchereien diese Angebotsform ab, da sie ihrer Meinung nach nicht den Erwartungen ihrer Käufer nach einem frisch hergestellten, möglichst ohne Verpackung im Verkaufstresen angebotenen Produkt entspricht. Andererseits vereinfacht sie die Vermarktungsmöglichkeiten über den Lebensmitteleinzelhandel. Grundsätzlich ist festzustellen, dass Biofachmärkte in der Regel aus logistischen Gründen vakuumverpackte Forellen oder Forellenfilets handeln.

Die Vertriebswege der kleinen Räuchereien sind neben dem überwiegenden Direktverkauf die Gastronomie und der Lebensmitteleinzelhandel, wobei hier die Absatzmöglichkeiten auf Grund der günstigeren Importprodukte zunehmend schwieriger geworden sind. Produkte von ökologisch erzeugten Forellen aus den deutschen Kleinbetrieben fehlen in diesen wichtigen Marktsegmenten fast völlig.

Marktforschungsinstitute bescheinigen seit Jahren, dass bei den Verbrauchern ein starkes Interesse an Bio-Lebensmitteln herrscht und dass das Potenzial für die Vermarktung von Bio-Produkten bei weitem nicht ausgeschöpft ist. Gerade im Bereich der geräucherten Forellenerzeugnisse ist der Marktanteil der Bio-Produkte bisher als sehr niedrig einzustufen.

Es stellt sich daher die Frage, welche Argumente die Verbraucher ansprechen und sie zum Kauf eines verhältnismäßig teuren Produktes animieren.

Zum einen kann es die Herausstellung der qualitativen Güte oder regionaler Besonderheiten verbunden mit der handwerklichen Tradition sein, was allerdings nicht zwingend mit einer ökologischen Produktionsform verbunden sein muss. Andererseits kann für eine entsprechend interessierte Käuferschicht gerade die Produktion unter Einhaltung ökologischer Richtlinien ein entscheidendes Argument sein. Allerdings hat eine Studie des ökologischen Landbaus gezeigt, dass der Kauf von Bio-Produkten mehrheitlich weniger aus Umweltaspekten oder ideologischen Gründen erfolgt. Es sind überwiegend vielmehr persönliche Motive entscheidend. Sinnlich wahrnehmbare Produkteigenschaften wie Frische und Geschmack und vor allem die Sicherheit und Gesundheit stehen im Vordergrund (3).

Unabhängig von den Beweggründen funktioniert die Käuferansprache aber nur, wenn mit dem Produkt ein positives Image verbunden ist. Für einen höheren Preis erwartet der Verbraucher auch eine höhere und zuverlässig garantierte Qualität.

Gerade diesem Aspekt wurden insbesondere Produkte aus ökologischer Herstellung in den letzten Jahren bei Qualitätstests nicht gerecht. Die „Stiftung Warentest“ zu vakuumverpackten Forellenfilets (4) und Lachs (5) ebenso wie „Ökotest“ zum Thema Lachs (6) bescheinigten ihnen erhebliche mikrobiologische und sensorische Mängel. Dies ist fatal, denn gerade Bio-Produkte werben mit gesundheitsbezogenen Argumenten und dem besseren Geschmack.

Ein objektiver Qualitätsvergleich von Forellenerzeugnissen beider Produktionsformen fehlte bisher. Dies ist nicht verwunderlich, da auf dem Wege des Forellensetzlings bis zum fertigen Lebensmittel sehr viele Faktoren sowohl die Aufzucht der Fische als auch die Qualität der Rohware und letztendlich des verarbeiteten Produktes beeinflussen. So offenbarten die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Bioforelle“ in dem ein Vergleich der Hälterungsbedingungen und der lebendfrischen Forellen aus verschiedenen kommerziellen Zuchtanlagen erfolgte, dass die auf dem Markt erhältliche Rohware vor allem die jeweiligen Aufzuchtbedingungen vor Ort widerspiegelt (7).

Das hier dargestellte Anschlussprojekt legte den Fokus auf die Qualität heißgeräucherter Forellenerzeugnisse als dem wichtigsten Veredelungsprodukt. Insbesondere wegen fehlender fundierter Grundlagen werden ökologische und nicht ökologisch erzeugte Produkte oft eher subjektiv bewertet, so dass die vorliegenden Ergebnisse zu einer Versachlichung der Beurteilung beitragen können.

Ein weiteres Ziel war die Frage der Produktsicherheit dieser Lebensmittel. Hierzu sind die Einhaltung strenger hygienischer Standards bei der Verarbeitung in den Betrieben sowie Kenntnisse über die notwendigen Qualitätsanforderungen während der Lagerung der verschiedenen Produktformen eine notwendige Voraussetzung. Dies gilt gleichermaßen für den konventionellen als auch den ökologischen Bereich.

Durch Besuche in kleinen Räuchereien wurden viele individuelle Verarbeitungsstrukturen erfasst. In einigen Modellversuchen wurden die Auswirkungen einzelner Arbeitsschritte näher

untersucht und bewertet. Als Ergebnis dieser praxisorientierten Analyse sollten mögliche Ursachen von Qualitätsproblemen benannt und qualitätssichernde Maßnahmen aufgezeigt werden.

### **3. PLANUNG UND ABLAUF**

Um eine sichere Aussage zur Qualität von ökologischen und konventionellen Räucherprodukten treffen zu können, muss bereits die Aufzucht der Forellen unter standardisierten Bedingungen erfolgen. Daher wurden Modellversuche durchgeführt, bei denen die für die Produktqualität entscheidenden Parameter Futterzusammensetzung und Besatzdichte den ökologischen und konventionellen Zuchtbedingungen entsprachen, während alle anderen Einflussgrößen, insbesondere die Wasserqualität, konstant gehalten wurden.

Zur Aufzucht nach den Richtlinien von Ökoverbänden gehört eine extensive Bewirtschaftung sowie ein Futter, das bestimmten Vorgaben genügen muss. Dieser Kopplung wurde im Projekt entsprochen. Ebenso beim konventionellen Ansatz, bei dem ein handelsübliches Forellenfutter gegeben wurde und bei dem eine häufig anzutreffende mittlere Besatzdichte gewählt wurde.

Diese Versuche wurden am Institut für Fischereiökologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Ahrensburg durchgeführt.

Um aus den Forellen Räucherprodukte mit gleich bleibend hoher Qualität herzustellen, wurde die aus der standardisierten Aufzucht resultierende Rohware in einem EU- zertifizierten Betrieb, der u. a. auch Bio-Forellen verarbeitet, geräuchert, verpackt und unter optimalen Bedingungen gelagert.

Zum Vergleich wurden Lagerversuche mit konventioneller und ökologischer Handelsware durchgeführt. Beurteilt wurden die sensorische und mikrobiologische Qualität an sich als auch die Veränderungen während der Lagerung. Zusätzlich wurden relevante chemische und physikalische Parameter bestimmt.

Parallel dazu wurden Forellenträuchereien in verschiedenen Gebieten der Bundesrepublik besucht, um einen Überblick über die Produktionsbedingungen insbesondere in kleinen Betrieben zu erhalten. Wesentliche Informationen über die Verarbeitung stammen also von den Betreibern der Räuchereien selbst. Da diese Gespräche und Besichtigungen Zeit in Anspruch nahmen und selbstverständlich auf einer freiwilligen Kooperation beruhten, sei allen Beteiligten an dieser Stelle nochmals ganz herzlich für ihre Unterstützung gedankt.

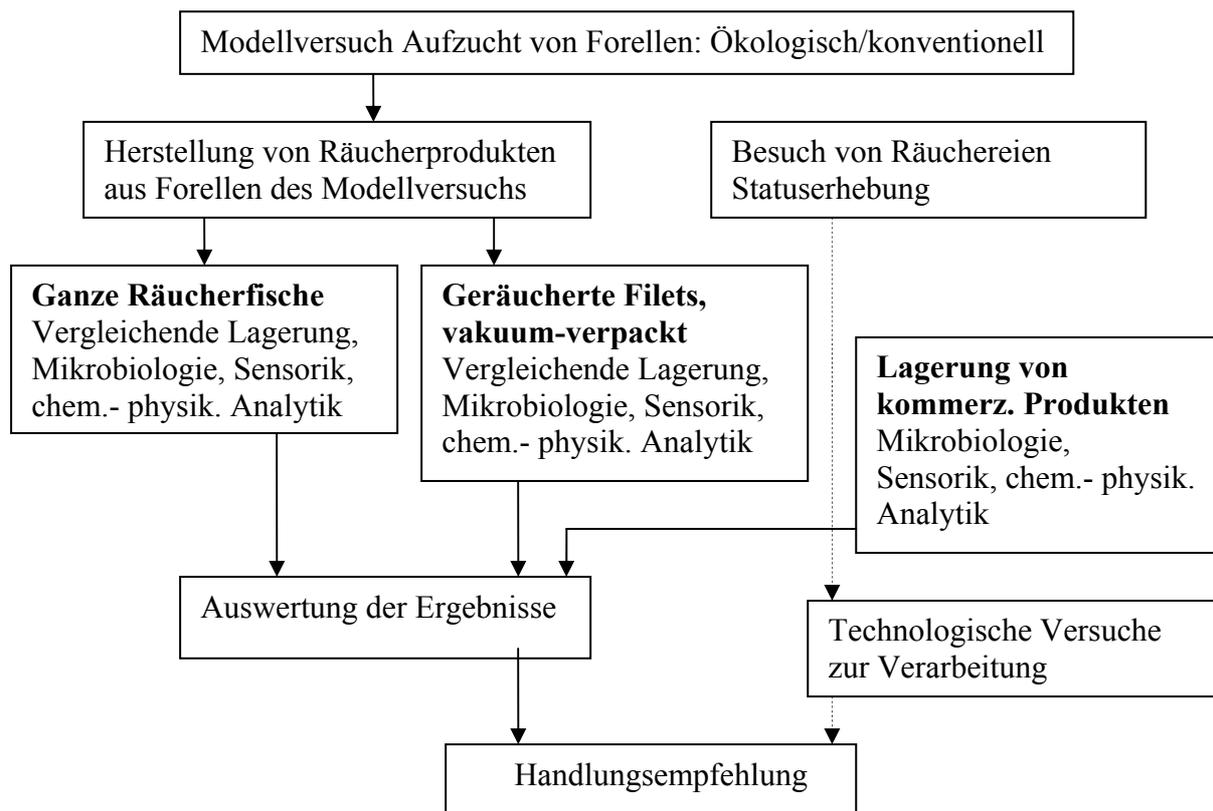
Bei den Besuchen in den Räuchereien wurde festgestellt, dass eigene Rezepturen und vor allem Erfahrung den Produktionsablauf bestimmen. Dagegen sind Kenntnisse über die Salzgehalte, die mit den verschiedenen Salzungsverfahren in den Betrieben erreicht werden, überwiegend nur wage oder nicht vorhanden. Da auch der Salzgehalt Einfluss auf die Lagerfähigkeit und Qualität der geräucherten Produkte hat, wurden einige praktische Untersuchungen auf Basis der in der Praxis eingesetzten Salzungsverfahren durchgeführt.

Auch Temperaturmessungen in den Forellen während des Räucherns, die gewährleisten, dass eine Kerntemperatur von 60 °C erreicht wurde, werden in der Regel nicht durchgeführt. Überwiegend wird nach Erfahrung und Gefühl geräuchert. Daher wurden zusätzliche

Versuche durchgeführt, die den Einfluss des Temperaturprogramms auf die erreichten Kerntemperaturen näher untersuchten.

Die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Projekt werden in einer Handlungsempfehlung mit qualitätssichernden Tipps für die Verarbeitung und Lagerung von Räucherforellen zusammengefasst, die den realen Verhältnissen angepasst ist, obgleich sie bei der individuellen Vielfalt in den verschiedenen Kleinbetrieben nicht jede Besonderheit berücksichtigen kann (in Vorbereitung).

Ablaufdiagramm (1) der durchgeführten Arbeiten: (Fließschema mit zeitlichem Ablauf im Anhang, Anlage 1):



#### 4. AKTUELLER WISSENSCHAFTLICHER U. TECHNISCHER STAND

Seit dem 1. Januar 2006 gelten die neuen EU-Verordnungen des sogenannten Lebensmittelhygienepaketes (VO (EG) Nr. 852/2004, VO (EG) Nr. 853/2004 und VO (EG) Nr. 854/2004). Sie sind in allen Mitgliedsstaaten unmittelbar anzuwendendes Recht und lösen die nationalen Produktvorschriften (z. B. die Fischhygiene-Verordnung) ab. Diese Hygienevorschriften gelten für die Erzeugung und Vermarktung aller Lebensmittel. Sie betreffen auch die Kleinbetriebe, die nur einen Teil ihrer Erzeugnisse außerhalb ihres Betriebes vermarkten. (näheres dazu: ( 8))

Forellen in Portionsgröße werden hauptsächlich heißgeräuchert. Nach den „Leitsätzen für Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ werden „heißgeräucherte Fische mit frisch entwickeltem Rauch und einer Wärmeeinwirkung von über 60 °C im Kern hergestellt“.  
(9)

Unter ökologischen Gesichtspunkten werden zurzeit in Deutschland vor allem Forellen nach Richtlinien des Naturland-Verbandes gezüchtet und vermarktet, die Vorschriften zur Schlachtung, Verarbeitung und zum Räuchern enthalten (10).

#### **4.1 Rahmenbedingungen zur Aufzucht von Forellen nach konventionellen und ökologischen Verfahren**

Das nunmehr abgeschlossene BIFOLA - Projekt ist die Fortführung der mit dem Projekt „Bioforelle“ begonnenen Arbeiten zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von ökologisch erzeugten Forellen. Während im ersten Projekt ein Vergleich der Hälterungsbedingungen und der lebendfrischen Forellen aus verschiedenen kommerziellen Zuchtanlagen erfolgte, stand in diesem Projekt die Qualität der Produkte im Vordergrund.

Aus den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „Bioforelle“ lässt sich ableiten, dass die auf dem Markt erhältlichen Forellen eine unterschiedliche Ausgangsqualität haben können, die vor allem die jeweiligen Aufzuchtbedingungen vor Ort widerspiegelt. Daher wurden im ersten Teil dieses Projektes in Modellversuchen die Bedingungen so gewählt, dass die für die Produktqualität mitentscheidenden Parameter Futterzusammensetzung und Besatzdichte den ökologischen und konventionellen Zuchtbedingungen entsprachen, während alle anderen Einflussgrößen, insbesondere die Wasserqualität, konstant gehalten wurden.

Die wichtigsten Vorschriften der ökologischen Produktion von Fischen umfassen das Medium Wasser, die Satzische, 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 Satzische 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 höchstens 10 kg/m<sup>3</sup> zum Zeitpunkt der Ernte erlaubt. 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. Pflanzliche Bestandteile des Futters 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 die Pigmente der Phaffiahefe sind zugelassen, synthetische Farbstoffe und Aminosäuren dagegen nicht.

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 zunächst 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 als auch in Europa relativ gering ist.

Eine Umfrage bei europäischen Herstellern ergab neben den schon bekannten Herstellern aus Dänemark und Deutschland, dass es noch je einen weiteren Produzenten von Ökofuttermitteln für Forellen in Frankreich sowie auch in Irland gibt. Ein Transport von Futtern über weite Strecken kommt 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 ein Ferntransport ebenfalls nicht zu vereinbaren.

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.

Anzumerken ist weiterhin, dass große Futtermittelhersteller aufgrund der Maschinen-ausstattung 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, sinkenden Futtern durch einen höheren Fettgehalt auszeichnen. Dies wiederum bedeutet bei Forellen eine bessere Futtermittelverwertung, verringerten Einsatz von Eiweiß für den Betriebsstoffwechsel des Fisches zugunsten der Fettkomponente als entscheidendem Energieträger und damit eine Umweltentlastung durch reduzierte Stickstoffexkretion.

## **4. 2. Untersuchungen zur Qualität von geräucherten Forellenprodukten**

Um auf dem Markt bestehen zu können, müssen gerade Bioprodukte, wie geräucherte Forellen oder Forellenfilets, in hygienischer und geschmacklicher Hinsicht mit konventionellen Produkten vergleichbar sein. Die bereits erwähnten Untersuchungsergebnisse von „Stiftung Warentest“ (4) zum Thema vakuumverpackte Forellenfilets zeigten jedoch bei dem einzigen untersuchten Bioprodukt erhebliche mikrobiologische und sensorische Mängel. Offensichtlich sind die Ursachen in der Verarbeitung bzw. bei der Art und Dauer der Lagerung zu suchen, da unsere Resultate aus dem Projekt Bioforelle (7) gezeigt haben, dass die Qualität der frisch den Teichen entnommenen Forellen ausgezeichnet war.

Weitere Qualitätsuntersuchungen von Fischereiprodukten aus ökologischer Erzeugung wurden nach unserem Kenntnisstand bislang noch nicht durchgeführt. Lediglich die „Stiftung

Warentest“ (5) hat vakuumverpackte aufgeschnittene Seiten von geräuchertem Wildlachs und von geräuchertem konventionell bzw. ökologisch gezüchtetem Farmlachs hinsichtlich Zusammensetzung, Schadstoffgehalten, mikrobiologischer Qualität und sensorischer Eigenschaften am letzten Tag der deklarierten Mindesthaltbarkeit prüfen lassen. Alle untersuchten geräucherten Wildlachs- und Biolachsseiten hatten eine mangelhafte mikrobiologische Qualität und einige dieser Produkte wiesen deutliche sensorische Fehler auf. Die konventionell gefärbten Lachse schnitten bis auf einige Ausnahmen besser ab.

Zum Vergleich von herkömmlichen und ökologisch erzeugten Forellen speziell unter mikrobiologischen Aspekten liegen bisher keine systematischen Untersuchungen vor. Es liegen nur Vergleichsanalysen zwischen wildgefangenen Forellen und gefärbten Regenbogenforellen vor, aus denen bekannt ist, dass die Fische aus der Aquakultur um 1-2 log-Einheiten niedrigere Gesamtkeimgehalte auf der Haut, den Kiemen und im Darm enthalten (11). In einer weiteren Arbeit konnte dieselbe Arbeitsgruppe zeigen, dass diese Aussage auch für das Auftreten von mesophilen Aeromonaden gilt (12).

Bezogen auf die Produkte sind Veröffentlichungen über das Räuchern konventioneller Forellen in kleinen bzw. mittelständischen Betrieben bereits mehr als 10 Jahre alt. Verschiedene Autoren befassten sich mit dem Hygienestatus und der Haltbarkeit geräucherter Forellenerzeugnisse (lose, vakuumverpackt, auch aus der Aquakultur) und stellten fest, dass sowohl der Ablauf nach dem Räuchern bis zum verpackten Lebensmittel als auch die Personalhygiene kritische Punkte des Gesamtablaufs darstellen (13, 14, 15).

Der mikrobiologische Verderb von lose gelagertem Räucherfisch ist von entsprechenden sensorischen Mängeln begleitet, so dass eine Gesundheitsgefährdung in der Regel auszuschließen ist, da die Ware nicht mehr konsumiert wird. Eine Lagerzeit von max. 10 Tagen wird als vertretbar angesehen (16). Räuchern und die Verpackung unter Vakuum hemmt einen großen Teil der aeroben Verderbnisflora, dennoch darf die konservierende Wirkung nicht überschätzt werden und zu nicht vertretbaren Restlaufzeiten der Produkte führen. Sofern die Autoren Haltbarkeitsempfehlungen geben, sind sie auf Grund der Untersuchungsergebnisse unterschiedlich und liegen zwischen 10 bis 12 Tagen für vakuumverpackte Filets bei 4-6 °C und 14 Tagen bei max. 4 °C und 16-18 Tagen für ganze Forellen bei 4-6 °C.

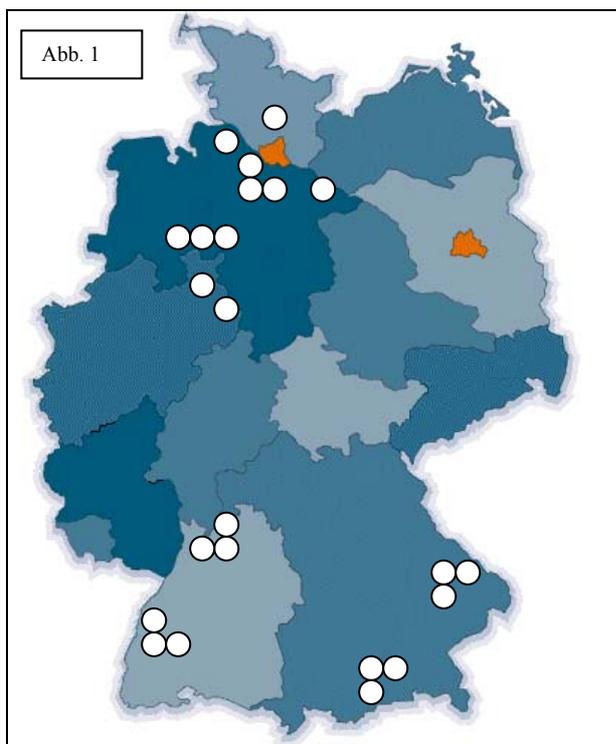
Das Bundesinstitut für Risikobewertung empfiehlt Lagertemperaturen, die optimal unter 3 °C liegen sollten und eine sichere Einhaltung der Kühlkette von der Produktion bis zum Verkauf. (17). Starke Temperaturerhöhungen bei Transport und Verkauf sind zu vermeiden. Die Empfehlungen zielen darauf ab, das Wachstum von Clostridien, speziell von *Clostridium botulinum*, zu verhindern. Auslöser für diese Empfehlung waren mehrere Krankheitsfälle nach dem Verzehr von vakuumverpackten geräucherten Forellen. Diese so genannten Botulismus-Erkrankungen sind eher selten. Wegen des verbreiteten Vorkommens von Clostridien kann eine natürliche Belastung von Fisch und anderen tierischen Lebensmittel jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Bei der Verarbeitung und Lagerung muss daher sorgfältig und hygienisch gearbeitet werden. Niedrige Salzgehalte und eine „milde“ Räucherung, wie sie typischerweise bei Forellen üblich sind, bedeuten keine wirklichen Hürden für Mikroorganismen, denn die damit verbundenen hohe Feuchtigkeitsgehalte in Verbindung mit einem geeigneten pH-Wert liefern ein gutes Überlebensmilieu (18, 19).

## 5. MATERIAL UND METHODEN

### 5.1 Vor-Ort Erhebung in Räucherbetrieben

Ein wesentlicher Teil des Projektes war es, einen dokumentierbaren Überblick über die Verarbeitungsbedingungen und Prozessabläufe in den Betrieben zu bekommen. Dazu wurde ein Fragebogen ausgearbeitet, der allerdings in der Folge mehrfach überarbeitet und auch erweitert wurde. Er beinhaltete sowohl Fragenkomplexe zur Betriebsstruktur, zur Verarbeitung bis zum Endprodukt, zu den Vertriebswegen als auch zur betrieblichen Hygiene. (Anlage 2)

Es wurden nahezu ausschließlich kleine Räuchereien kontaktiert und ihre Bereitschaft erfragt, den Betrieb und den Produktionsablauf zu zeigen.



Die Kontaktaufnahme wurde dankenswerterweise von den angesprochenen Fischereiverbänden bzw. -landesanstalten unterstützt. Es gab letztlich keine Absagen. Vor dem geplanten Besuch wurde dem jeweiligen Ansprechpartner eine Information über das Projekt und der Fragebogen zugeschickt.

Insgesamt wurden 23 Räuchereien in verschiedenen Gebieten Deutschlands besucht. Davon züchteten und räucherten 3 nach ökologischen Richtlinien.

Die nebenstehende Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Lage der im Rahmen des Projektes besuchten Betriebe.

Weitere Informationen gibt Tabelle 1, die die Fragen u. a. zu den Betrieben, zur Aufzucht und zur Vermarktung zusammenfasst. Die Angaben stammen von den Betreibern und sind teilweise Schätzwerte.

Tabelle 1: Übersicht über die besuchten Forellenträuchereien, Angaben zum Vertrieb der Räucherforellen

Betriebsart	Beschäftigte*)	Produktion Forellen pro Jahr	Räucherforellen pro Jahr	Teiche Rinne (R) Natur (N) Beton (B)	Wasser- versorgung	Besatz- dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Dauer Forellen- aufzucht (Monate)	Ziel - gewicht	Verkaufsform Räucherforellen und - filets			haltungs- wege **)	
									Haltbarkeitsangaben (Tage)		Filets mit /ohne Haut		
									Forelle, ganz				
konv. Räucherbetr	< 10		8,5 t	R N B	Bach, Quelle		10-12	280- 350 g			Vakuum	21	H M G
konv. Räucherbetr	2	40 t	4-5 t	R	Bach, Quelle	10	18 - 24	300- 350 g	Vakuum	14	Vakuum	14	H I G
konv. Räucherbetr	2	30 t	2,5	B	Quelle	10 bis 12	15	350 g	nein		Vakuum	21-28	H LEH
konv. Räucherbetr	< 5	30 t	15 t	N	Quelle	7 bis 8	24	300- 350 g	lose	14	Vakuum	21	H I
konv. Räucherbetr	< 5	60 t	2 t	N B	Quelle	> 10	18	400 g	lose	8	lose (auf Wunsch)	8	H I
konv. Räucherbetr	2	10 t	0,5 t	B	Bach, Quelle	> 10	24	300- 350 g	lose	3	nein		
konv. Räucherbetr	2	30 t	5- 10 t	N	Bach, Grundw	10	20- 24	300- 400 g	lose		Vakuum	14-21	
konv. Räucherbetr	< 5	20-30 t	12- 15 t	keine Teiche			keine	300- 350 g	lose Vakuum	7 20	nein		H
ökol. Räucherbetr	< 10	15 t	10 t	N	Quelle	< 10	20	400- 450 g	Vakuum	14	Vakuum	14	Bioläden Internet
konv. Räucherbetr	< 5	30- 50 t	10 t	R	Quelle	ca. 25	18	350- 500 g	lose	6-8	Vakuum	14	M

\*) Beschäftigte inkl. Teilzeit und Auszubildende/Gesellen

\*\*) H= Im Betrieb/Laden M= regionale Märkte LEH Lebensmitteleinzelhandel/Fischgeschäfte G= Gastronomie

Qualitätsveränderung bei Verarbeitung und Lagerung von ausgewählten Erzeugnissen aus Bioforellen und konventionell erzeugten Forellen

Betriebsart	Beschäftigte*)	Produktion Forellen pro Jahr	Räucherforellen pro Jahr	Teiche Rinne (R) Natur (N) Beton (B)	Wasserversorgung	Besatzdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Dauer Forellenaufzucht (Monate)	Zielgewicht	Verkaufsform Räucherforellen und - filets Haltbarkeitsangaben (Tage)			hauptsächl. Verkaufswege **)	
									Forelle, ganz	Filets mit/ohne Haut			
konv. Räucherbetr	< 5		7 t	N	Quellen	ca 10	24	300-400 g	lose Vakuum	14	Vakuum	14	H M and. Züchter
konv. Räucherbetr	< 5		5 t	B	Quelle	7	18	200-400 g	lose	6	Vakuum	21	H G
ökol./ konv. Räucherbetr	12			N		< 10	20-24	300-400 g	nein		Vakuum	12	H G
konv. Räucherbetr	< 5		6,5 t	N	Bach, Quelle	< 5	12	400 g	lose	14	auf Bestell.		H G LEH
konv. Räucherbetr.	< 10		15- 18 t						lose	8	lose	8-10	H LEH
konv. Räucherbetr	< 5	30 t	3 t	N	Quelle			300-400 g	lose	7	Vakuum	14	H G
konv. Räucherbetr	< 5	50 t	1,6 t	N	Bach	< 10	18	250-300 g	lose		nein		G
ökol./konv. Räucherbetr	< 10		7-8 t (bio)	N	Bach	< 10	>24	300-500	lose	14	Vakuum	14	H LEH G
konv. Räucherbetr	< 5		5-6 t	N	Bach	var.	14	450 g	lose		nein		H LEH G
konv. Räucherbetr	< 5	50- 80 t		N	Bach Grundw	< 20, mittel 5 bis 10	18	mind. 400 g	lose	2	nein		H M G
konv. Räucherbetr	< 10	25 t	7 t	R N B	Bach, Quelle	10 - 15	18- 24	300-450 g	lose, Vakuum	14	Vakuum	14	H G
konv. Räucherbetr	< 10	120	15- 18 t	N	Quelle	mittel 10 bis < 25	16 bis 17	400-700 g	lose	3	Vakuum	21	H I LEH

\*) Beschäftigte inkl. Teilzeit und Auszubildende/Gesellen

\*\*) H= Im Betrieb/Laden M= regionale Märkte LEH Lebensmitteleinzelhandel/Fischgeschäfte G= Gastronomie

## **5.2 Aufzucht der Forellen**

### **5.2.1 Aufzucht von Regenbogenforellen für die Qualitätsuntersuchungen**

Zur Aufzucht nach den Richtlinien von Ökoverbänden gehört eine extensive Bewirtschaftung sowie ein Futter, das bestimmten Vorgaben genügen muss. Dieser Kopplung wurde im Projekt entsprochen. Entsprechendes gilt für den konventionellen Ansatz, bei dem ein handelsübliches Forellenfutter gegeben und eine mittlere Besatzdichte gewählt wurde, die in der Praxis häufig anzutreffen ist.

Die für die vorgesehenen Untersuchungen zur Verarbeitung und Lagerung von Forellen aus ökologischer und konventioneller Erzeugung notwendigen Fische wurden dem Projektantrag entsprechend in der Außenstelle Ahrensburg des Institutes für Fischereiökologie, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, aufgezogen. Dazu wurden zwei Gruppen von je  $n = 300$  Fischen gebildet, die als Vollgeschwister bis zu einem Gewicht bei Versuchsbeginn von 23,3 g gemeinsam aufgewachsen waren. Die Gruppen wurden mit einem auf dem deutschen Markt erhältlichen Ökofutter für Forellen bzw. mit einem marktüblichen kommerziellen Forellenfutter versorgt. Die Gewichtsentwicklung der beiden Gruppen wurde durch die Entnahme einer repräsentativen Unterprobe von je 50 Tieren im 2-wöchentlichen Rhythmus verfolgt und die Tagesfuttermenge bestimmt. Die auf das Körpergewicht bezogene Futtermenge betrug anfangs 1,7 % bzw. 1,4 % und wurde dem vorgesehenen Schlachtermin im August – Oktober entsprechend angepasst. Diese Werte sind Vorgaben der Hersteller oder basierten auf eigenen früheren Untersuchungen. Das angestrebte Schlachtgewicht sollte verabredungsgemäß bei 400 – 450 g Stückmasse liegen. Dieser Wert ist zwar höher als ursprünglich im Antrag vorgesehen, stellt jedoch ein heute in Deutschland übliches Gewicht für Portionsforellen dar. Der für die Aufzucht bis zum Endgewicht nötige Zeitraum von 9 – 11 Monaten entsprach der Realität in der Praxis.

Wasser und Fischbecken aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) als Rundbecken von 1,5 m Durchmesser bzw. Langstrombecken von 1 x 4 m waren für beide Gruppen gleich. Die Besatzdichten schwankten in Abhängigkeit vom Wachstum und Beckentyp für die konventionellen Forellen zwischen 20 - 60 kg/m<sup>3</sup> und für die Bioforellen im vorgeschriebenen Bereich. Krankheitsbedingte Ausfälle traten in keiner der beiden Gruppen auf.

Im Verlauf der weiteren Aufzucht wurden die beiden Gruppen von Regenbogenforellen unter gleich bleibenden Bedingungen hinsichtlich Futter, Wägeterminen zur Anpassung der Futtermengen sowie Bestimmung der Stückmasseentwicklung und des Haltungswassers kontinuierlich weiter aufgezogen. Als Schlachtermine wurden in rechtzeitiger Absprache mit dem Forschungsbereich Fischqualität der BFEL die Monate August für die konventionellen und September für die Ökoforellen festgelegt. Dies war notwendig zur Koordinierung des Arbeitskräfteeinsatzes für Schlachtung, Verarbeitung und Analytik. Daraus ergab sich, dass die weitere Aufzucht nicht mehr im Sinne eines Futtersversuches gestaltet wurde, sondern auf ein bestimmtes Datum hin angepasst wurde. Diese Aufzucht auf einen bestimmten Termin hin ist im Übrigen ein in der Praxis übliches und notwendiges Verfahren, um den Markt optimal und kontinuierlich bedienen zu können.

Da die beiden Versuchsgruppen unterschiedlich schnell abwuchsen, wurden die konventionell gefütterten Forellen am 15. Juni gleichmäßig auf zwei Becken verteilt und bis zum 08. 08. 2005, dem Schlachtermin, auf nahe beieinander liegende mittlere Stückgewichte (für beide

Becken getrennt angegeben) von 465 g bzw. 471 g gebracht. Die abschließende Besatzdichte lag bei rd. 35 kg/m<sup>3</sup>. Die Futtermittelverwertung im betrachteten Versuchszeitraum bewegte sich zwischen 0,78 – 1,0. Auch während dieses zweiten Versuchsabschnittes traten keine besonderen Vorkommnisse wie z.B. Krankheiten oder technische Probleme an der Anlage auf. Aus beiden Becken wurden die benötigten Proben für die weiteren Untersuchungen genommen.

Die Ökoforellen wurden am 27. April auf zwei und am 10. August weiter auf 5 Becken verteilt. Die mittleren Stückgewichte in den 5 Becken bewegten sich bei Versuchsabschluss am 05. 09. 2005 zwischen 452 – 470 g. Die Besatzdichte in den einzelnen Becken erreichte bzw. lag mit 10,6 kg/m<sup>3</sup> z. T. knapp über der von einem Ökoverband als Richtwert möglichst einzuhaltenen 10 kg/m<sup>3</sup> – Grenze, was aber als unerheblich zu bewerten ist. Auch bei diesen bis zum Schluss mit einem Ökofutter aufgezogenen Forellen traten keine besonderen Vorkommnisse auf. Damit war dieser Punkt des Projektes soweit er in der Außenstelle Ahrensburg durchgeführt wurde, abgeschlossen.

Die für die weitergehenden Untersuchungen notwendigen Tiere konnten wie geplant übergeben werden. Festzuhalten bleibt, dass weder Sterblichkeiten noch Erkrankungen auftraten, die eine medikamentöse Behandlung erforderlich gemacht hätten. Die Tiere konnten 2- 3 Monate vor dem ursprünglich geplanten Termin abgeliefert werden.

## 5.2.2 Futtermittelversuche

Die bereits im Vorläuferprojekt „Bioforelle“ begonnenen vergleichenden Futtermittelversuche an Forellen mit konventionellen und Ökofuttermitteln wurden in kleinerem Umfang fortgeführt. Es fanden insgesamt 4 Durchgänge statt.

In einem ersten Versuch wurde ein pelletiertes Ökofutter mit 16 % Rohfett und 48 % Rohprotein (OKS I), in einem zweiten ein extrudiertes Ökofutter mit 18 % Rohfett und ebenfalls 48 % Rohprotein (OKS II) gegen ein konventionelles Forellenfutter mit 46% bzw. 48% Rohprotein (je nach Größe) und 26% Rohfett (TRO) getestet.

Das zweite Ökofutter zeichnete sich durch ein anderes Herstellungsverfahren aus (Extrusion), das zunächst von einigen Ökoverbänden nicht akzeptiert worden war, aber die Möglichkeit bietet höhere Fettmengen in das Futter einzuarbeiten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt besteht im wärmebedingten Aufschluss der im Futter enthaltenen Stärke, die so besser von den Forellen genutzt werden kann. Derartige Futtermittel für Salmoniden zeichnen sich durch bessere Verwertung und geringere Umweltbelastung hinsichtlich eutrophierender Stoffe aus und haben sich auch daher allgemein in der Forellenteichwirtschaft durchgesetzt.

Zwei weitere Ökofuttermittel aus Frankreich - GB - (45% Rohprotein, 17% bzw. 20% Rohfett je nach Größe) und Irland - SKR - (47% Rohprotein, 22% Rohfett) wurden in den Versuchen 3 und 4 getestet.

Alle Versuche liefen in drei Wiederholungen entweder in Glasaquarien von 40 l Volumen (Versuche 1 – 3) oder in GFK - Becken von 300 l (Versuch 4). Die Fische wurden mit Brunnenwasser von 11 – 12 °C Temperatur und einem Sauerstoffgehalt von über 10 mg/l versorgt. Die Futtermenge war den Angaben der Hersteller entsprechend an das jeweilige

Körpergewicht angepasst. Sie war für alle Behandlungen und Wiederholungen gleich. Gefüttert wurde 3 x pro Tag an sechs Wochentagen, am wöchentlichen Wägetag 2x.

Die Versuchsdauer betrug 8 Wochen, beim ersten Versuch nur 7 Wochen. In den Versuchen 1, 3 und 4 wurden pro Wiederholung 14 Tiere eingesetzt, beim 2. Versuch nur 12.

### 5.3 Räuchern der Forellen des Modellversuchs

Um aus den Forellen Räucherprodukte mit gleich bleibend hoher Qualität herzustellen, wurde die aus der standardisierten Aufzucht resultierende Rohware in einem EU- zertifizierten Betrieb geräuchert.

Dazu wurden die geschlachteten Forellen in Styroporkisten auf Eis (mit Zwischenfolie, Löcher im Boden zum Abfließen von Eiswasser) zur Räucherei der Deutschen See in Bremerhaven gebracht, in der sowohl konventionelle als auch ökologische Forellen verarbeitet werden. Dort wurden sie unter der Regie des dortigen Räuchermeisters gesalzen und geräuchert. Alle Verarbeitungsschritte erfolgten unter Einhaltung der strengen hygienischen Bedingungen im Betrieb.

Insgesamt entsprach das Salzen und Räuchern der in diesem Betrieb üblichen Vorgehensweise für die kommerzielle Räucherung von Forellen. Die ökologischen Forellen wurden unter Einhaltung der Öko-Richtlinien separat von der konventionellen Ware verarbeitet.

Tabelle 2: Räucherbedingungen (Modellversuch)

	Konventionelle Forellen	Bioforellen
Salzen in Salzlake 24 %	knapp 3 h	knapp 3 h
Räuchern: Trocknen	2 h	1 h 15 min
Räuchern	45 min	45 min
Temperaturprogramm	45-75 °C	45-80 °C
Kerntemperatur	60 °C	62 °C

Die geräucherten Forellen wurden innerhalb von ca. 20 min auf 2-3 °C abgekühlt.

### 5.4 Qualitätsuntersuchungen

#### Modellversuch

Die geräucherte Ware (konventionell und ökologisch) wurde in Styroporkisten mit Deckel (Inhalt jeweils 10 Forellen) von der Deutschen See in Kühlwagen von Bremerhaven nach Hamburg transportiert. Im Forschungsbereich Fischqualität wurde sie

- a) als lose Ware in Styroporkisten bei 2-4 °C 15 Tage gelagert,
- b) filetiert, danach als Doppelfilets mit Zwischenfolie vakuumverpackt und bei 2-4 °C über 21 Tage gelagert.

#### Handelsware

Vergleichend wurden Lagerversuche mit konventioneller (gelagert in Styroporkisten mit Deckel) und ökologisch erzeugter Handelsware (vakuumverpackte ganze Forellen und Filets)

durchgeführt. Sofern notwendig erfolgte der Transport vom Räucherbetrieb in gekühlten Styroporkisten bei 1- 2 °C.

Bestimmt wurden die sensorische und mikrobiologische Qualität der frischen Ware als auch die Veränderungen während der Lagerung. Begleitend wurden zusätzlich relevante chemische und physikalische Parameter ermittelt.

#### **5.4.1 Beschreibung der Untersuchungsmethoden zur Qualitätsbestimmung**

##### ***Chemische Grundzusammensetzung***

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

Die Fettbestimmung erfolgte nach einer modifizierten Methode von Smedes (20), der Proteingehalt wurde nach Kjeldahl-Aufschluss bestimmt (21) und der Wassergehalt durch Trocknen der homogenisierten Proben bei 105 °C. Der Mineralstoffanteil wurde nach Veraschung der Probe bei 550 °C gravimetrisch ermittelt.

Der Salzgehalt wurde nach Eiweißfällung mit Carrez I + II titrimetrisch mit 0.1 n Silbernitratlösung unter Verwendung eines Autotitrators bestimmt (22).

##### ***Chemische Verderbsindikatoren***

Der flüchtigen Basenstickstoffe (TVB-N Wert) wurden nach der § 64 Methode LFBG 10.00 3 (26) bestimmt.

Trimethylamin (TMA-N)- und Dimethylamin (DMA-N)- Gehalte wurden aus dem Perchlorsäureextrakt gaschromatographisch nach einer modifizierten Methode von Oetjen und Karl (27) 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 filtriert und der klare Perchlorsäureextrakt bis zur Untersuchung bei -28 °C eingefroren.

##### ***Fettsäurezusammensetzung***

Es wurde die Zusammensetzung der Fettsäuren im Fettanteil der Räucherforellenfilets untersucht. Besonderes Augenmerk wurde auf die ernährungsphysiologisch wichtigen ungesättigten Fettsäuren gerichtet.

Das für die Bestimmung benötigte extrahierte Gesamtfett stammte aus der Untersuchung der chemischen Grundzusammensetzung. Es wurden alle relevanten Fettsäuren zwischen C:14 und C: 22 untersucht. Zur Bestimmung der einzelnen Fettsäuren wurde ein Standardgemisch mit bekannten Fettsäuremethylestern herangezogen.

Ermittelt wurde die Fettsäurezusammensetzung durch eine gaschromatographische Bestimmung (23) nach vorheriger Derivatisierung (24).

## ***Bestimmungen zum Fettverderb***

### **Peroxidzahl**

Der Fettverderb lässt sich durch Kennzahlen nachweisen. Eine dieser Kennzahlen ist die Peroxidzahl, die ein Maß für den Gehalt eines Fettes an peroxidisch gebundenem Sauerstoff, insbesondere an Hydroperoxiden ist. Sie dient neben anderen Kennzahlen der Beurteilung des Oxidationsgrades von Fetten. Es wurde die Methode nach Wheeler (25) verwendet.

### **Malondialdehyd**

An ausgesuchten Lagertagen wurde jeweils eine Mischprobe aus 3 ganzen Forellen bzw. Forellenfilets hergestellt. Das zerkleinerte Fischmus wurde mit einer Perchlorsäure-Metaphosphorsäure-Mischung homogenisiert und der nach dem Zentrifugieren erhaltene wässrige Extrakt mittels Umkehrphasen-HPLC untersucht. Der Gehalt an Malondialdehyd wurde nach Vorsäulen-Derivatisierung mit Thiobarbitursäure fluorometrisch bestimmt.

## ***Mikrobiologische Untersuchungen***

Für die Bestimmung der Gesamtkeimzahlen (GKZ), Enterobakterien und der Zahl spezifischer Verderbskeime (*Shewanella putrefaciens*) wurden in jeder Beprobung Teile von Haut und Gewebe steril entnommen, die dekadisch verdünnten Homogenisate auf Standard-I-Eisenagar und VRBD-Agar ausplattiert und bis zum Auszählen bei 20°C für 48 h (Standard-I-Eisenagar) oder 48 h bei 37 °C (VRBD-Agar) bebrütet.

Stichproben wurden mit SPS-Agar auf das Vorhandensein von Clostridien untersucht.

## ***Sensorik***

Für die sensorische Beurteilung der geräucherten Forellenerzeugnisse wurde ein spezieller Fragebogen erstellt, der alle relevanten Parameter für die Qualitätsbeurteilung enthielt. Beurteilt wurden neben den äußeren Merkmalen vor allem die für den Genusswert wichtigen Eigenschaften Geruch, Geschmack und Konsistenz. Zu jedem Merkmal gehörte eine Bewertungsskala von 0 bis 100 (keine bis maximale Ausprägung) (Anlage 4). Für die Verkostungen wurden 12 Prüfer geschult, die für die weiteren Sensoriksitzen zur Verfügung standen.

Für die Prüfungen wurden jeweils 5 geräucherte Forellen (filetiert und enthäutet) und 5 vakuumverpackte Doppelfilets getestet. Die Proben hatten zum Zeitpunkt der Verkostung Raumtemperatur.

## ***Physikalische Farbmessung***

Diese Analytik ermöglichte die objektive Bewertung eventueller Farbunterschiede bzw. Farbveränderungen. Die Messung erfolgte an intakter Muskulatur nach dem CIELab-System mit einem spektralen Farbmessgerät (*spectro pen*<sup>®</sup>, Dr. Lange, Düsseldorf).

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

### ***Messungen mit der elektronischen Nase (Aromaprofilanalyse)***

Mit einer elektronischen Nase wurde das Aromaprofil der geräucherten Ware während der Lagerung gemessen. Untersucht wurden homogenisierte Muskelfleischproben von 5 ganzen Forellen und 5 vakuumverpackten Filets. Dazu wurden die unter standardisierten Bedingungen aus dem Homogenisat in den Dampfraum des Probengefäßes freigesetzten flüchtigen Verbindungen mit Sensoren gemessen, die auf Grund ihrer unterschiedlichen Messeigenschaften die Zusammensetzung der Gasphase erfassen können (28, Methode: 29).

### ***Bestimmungen des Redoxpotentials, Glutathion- und Sauerstoffgehaltes***

Gewinnung von Muskelpresssaft: Etwa 65-70 g gemustes Filet wurden genau eingewogen und 30 min mit 12 000 Upm bei 10 °C zentrifugiert (Sorvall, Rotor GSA).

#### **Redoxpotential:**

Im Muskelpresssaft mit dem Redoxpotential-Messgerät SEE-500 (EQC), Gegenelektrode: Ag/AgCl.

#### **Sauerstoffgehalt:**

Gemessen mit WTW Oxi 340-A im Muskelpresssaft.

#### **Glutathionbestimmung**

Die Gehalte an reduziertem und oxidiertem Glutathion wurden in jeweils 3 einzelnen Forellen bzw. Forellenfilets analysiert. Das zerkleinerte Fischmus wurde mit einer Perchlorsäure-Metaphosphorsäure-Mischung homogenisiert und der nach dem Zentrifugieren erhaltene wässrige Extrakt mittels Umkehrphasen-HPLC untersucht. Reduziertes Glutathion (GSH) und das oxidierte Glutathion-Dimer (GSSG) konnten mittels Nachsäulen-Derivatisierung mit o-Phthaldialdehyd fluorometrisch bestimmt werden.

Vor der Etablierung der HPLC-Methode wurde das Gesamtglutathion, d.h. die Summe aus GSSG und GSH, mit Hilfe des arbeitsaufwendigen enzymatischen Verfahrens photometrisch gemessen. (31).

### ***Bestimmung der Erhitzungstemperatur***

Die Bestimmung der Erhitzungstemperatur erfolgte durch zwei Methoden, dem Flockungstest nach Coretti und der Isoelektrischen Fokussierung (IEF). Ausgangsmaterial war Presssaft, der mit 1+1 mit destilliertem Wasser verdünnt wurde (Rohextrakt).

#### **Coretti-Test:**

Der Coretti-Test (Flockungstest) ist ein einfaches Verfahren zur nachträglichen Bestimmung der maximalen Temperatur, die in einem Produkt, hier in geräucherten Forellen, während der Verarbeitung herrschte. Eiweißausflockung tritt im Coretti-Test bei der Temperatur auf, die oberhalb der Verarbeitungstemperatur liegt.

Rohextrakte und Extrakte aus geräucherten Forellen wurden im Wasserbad sukzessive auf Temperaturen von 50, 55, 60, 65 und 70°C erhitzt und das Auftreten von Trübungen, Ausflockungen und Fällungen beobachtet (32). Dazu wurden 3 ml Rohextrakt in verschlossenen Reagenzgläsern im Wasserbad auf die angegebenen Temperaturen erhitzt.

Vor der IEF und der Proteinbestimmung wurde ungelöstes Material abzentrifugiert.

### **Isoelektrische Fokussierung (IEF)**

Jedes Protein ist durch einen isoelektrischen Punkt (pI-Wert, definiert als der pH-Wert, bei dem die elektrische Nettoladung Null ist) charakterisiert. Bei der IEF werden die mit Wasser extrahierten Proteine in einem ampholythaltigen Polyacrylamidgel gemäß ihrer Ladung in einem während der Elektrophorese aufgebauten pH-Gradienten aufgetrennt. Sie wandern in eine Position im Gel, die ihrem pI-Wert entspricht. Nach Anfärbung der Proteine erhält man spezifische Bandenmuster. Zum Nachweis der Erhitzungstemperatur wurden Extrakte durch IEF mit Servalyt-Precotes 3-10 untersucht. Die Proteinbanden wurden mit Coomassie-Färbung sichtbar gemacht (32).

### **Muskelpresssaftparameter**

Da der Flockungstest und die IEF abhängig sind von der Proteinkonzentration, dem pH-Wert und dem Salzgehalt der Presssäfte, wurden diese Parameter mit folgenden Methoden bestimmt:

Proteinbestimmung: Biuret-Methode (30), Faktor 17,0 (Standard: Rinderserumalbumin) bei 0,5 ml Probenvolumen. Wenn erforderlich, wurden Trübungskontrollen durchgeführt.

Osmolarität: Digitales Mikro-Osmometer (Roebeling) der Firma Vogel, bestimmt wurde die Gefrierpunktserniedrigung, Probenvolumen 100 µl Extrakt, Standard: 50 mM KCl.

pH-Wert – Messung: Im Extrakt mittels Einstabmesskette.

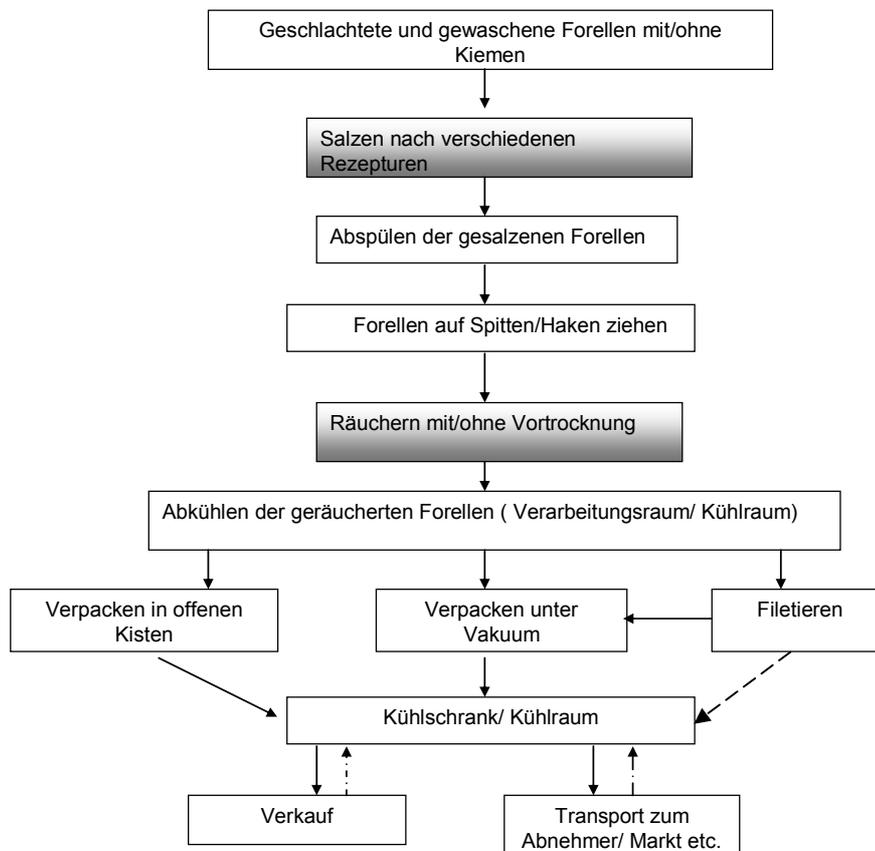
## 6. ERGEBNISSE

### 6.1 Auswertung der Fragebögen und der Betriebsbesichtigungen

Die Befragung in den verschiedenen Betrieben zeigte, dass die hauptsächlichsten Unterschiede in der Herstellung der Räucherware bei den Salzungsbedingungen für die Rohware und den Temperaturen bzw. der Temperaturführung bei der Räucherung liegen. Die Angaben für die Haltbarkeit der Produkte variierten stark. Einzelheiten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt die einzelnen Schritte der Verarbeitung.

Ablaufdiagramm 2 : Verarbeitungsschritte von der Rohware bis zum Endprodukt



Die Forellen werden in den nahezu allen Betrieben vor dem Schlachten mehrere Tage gehältert, im Durchschnitt 3-4 Tage, vereinzelt kürzer oder auch bis zu maximal 14 Tage. Getötet und ausgenommen wird überwiegend von Hand. In Betrieben, die größere Mengen verarbeiten, erfolgt das Ausnehmen auch maschinell mit Saugdüsen.

Die gründlich gewaschenen Forellen werden vor der Räucherung gesalzen. Die Betriebe bevorzugen die Nasssalzung in einer Salzlake, nur in einem Betrieb wurde trocken gesalzen. Die Rezepturen sind dabei sehr verschieden.

- ▶ Wenige salzen trocken, mit Hand und Erfahrung
- ▶ Überwiegend liegen die Konzentrationen der Salzlaken zwischen 5 % und 10 %  
Dauer: über Nacht bei Raumtemperatur oder bei 2-4°C
- ▶ Daneben auch 16 - 20 % Salzlake, Dauer: 90 min bis 8 Std., meist bei Raumtemperatur
- ▶ Das Verhältnis Fisch: Lake variiert unabhängig von der Salzkonzentration

Der andere Verarbeitungsschritt, der das Produkt maßgeblich beeinflusst, ist das Räuchern der Forellen:

Dieser Prozess findet bei mehr als der Hälfte der Befragten in Öfen basierend auf dem Typ Altonaer Ofen (gemauerter Ofen) statt, die durch Eigenbau vielfach sehr individuell ausgestaltet sind. Größere Betriebe haben eher Elektroöfen oder programmierbare Räucherautomaten. Der Räucherrauch wird durch Verglimmen von Spänen erzeugt. Als Material werden Holzspäne unterschiedlicher Größensortierung aus z. B. Buche, Erle und Weide, auch Mischungen daraus, verwendet, teilweise mit aromatisierenden Zusätzen.

Die gesalzenen Forellen werden mit dem Kopf nach oben auf Spitten oder Haken aufgehängt. Nur in jeweils einem Betrieb wurde generell liegend bzw. mit dem Schwanz nach oben geräuchert.

Im Räucherofen werden die Fische meistens zuerst nur bei niedrigen Temperaturen getrocknet. Dadurch wird die Haut fester. Die Programme für den Temperaturverlauf beim anschließenden Erhitzen sind sehr vielfältig und bewegen sich zwischen kurz (schneller Temperaturanstieg) und relativ hoch in der Endtemperatur oder langsam ansteigend bei geringerer Maximaltemperatur. Die Zugabe von Rauch erfolgt sofort oder im Laufe der Garphase (Tabelle 3).

Zu einem interessanten Ergebnis führte die Frage nach der Kerntemperaturmessung, die nur bei vier der befragten Betriebe zum Standard gehörten, darunter auch ein Biobetrieb, der EU-zertifiziert ist (Tabelle 3).

Tabelle 3 : Zusammenfassung der üblichen Räucherverfahren

	Verfahren	Ofentemperatur	Erfolgt Kerntemperaturmessung ?
Trocknen	Ohne (selten) Überwiegend 30 - 60 min	----- 30- 40 °C	
Garen + Räuchern	30 min - 3 Stunden	70 – 90 °C, kurzfristig höher	18 x nein 4 x ja 1 x gelegentlich
Rauchzugabe	Sofort - 1 Stunde		

Nach dem Räuchern wird die Ware bei der Mehrheit vor dem Räucherofen abgekühlt und nach 15 min bis 1 Stunde in die Kühlung gebracht. Vereinzelt geschieht das allerdings auch erst am nächsten Tag. Einen festen Plan gibt es dafür in kleinen Betrieben eher selten.

Fasst man die Ergebnisse der Befragung zu diesem Produktionsabschnitt zusammen, lässt sich feststellen, dass es viele unterschiedliche Programme gibt. Einigkeit herrschte jedoch in der Meinung, dass es vor allem auf die Person beim Räuchern ankommt. Eigene Kontrollen durch Temperaturmessung im Kern der Fische sind die Ausnahme. Gleiches gilt für die Protokollierung der Verarbeitungsparameter und -daten.

Die geräucherten Forellen werden im Kühlraum oder im Kühlschrank bei Temperaturen zwischen 0-1 °C und 5 °C gelagert. Filetiert und vakuumverpackt wird überwiegend am nächsten Tag.

Auf Grund der geringen Betriebsgrößen wird die fertige Ware hauptsächlich im Privat- Pkw ausgeliefert. Abgesehen von einem Kleinbetrieb verfügten nur die größeren Räuchereien über Lieferwagen, vereinzelt auch mit Kühlung. Ansonsten kommen in den Sommermonaten Kühlboxen oder -akkus zum Einsatz, allerdings ist auch das nur bei weniger als der Hälfte der Befragten der Fall. Transportiert wird die Ware fast ausnahmslos in Styropor- oder Kunststoffboxen.

Die Reinigung der Betriebe erfolgt nur in 4 Räuchereien nach einem festen Reinigungsplan, davon waren 2 Biobetriebe. Die Mehrheit gab an täglich zu reinigen. Viele säubern nach Bedarf, aber immer nach dem Schlachten und einmal wöchentlich gründlich, meistens zum Wochenende. Verwendet werden dabei überwiegend herkömmliche Haushaltsreiniger oder auch nur Wasser.

Viele der besuchten Betriebe wiesen, soweit es die räumliche Größe zuließ, eine gute bauliche Anordnung auf. Rohwaren- und Räucherwarenverarbeitung befanden sich jedoch oft noch im selben Raum, so dass Kreuzkontaminationen nicht auszuschließen sind. Das Niveau der betrieblichen Hygiene erschien nicht immer ganz zufrieden stellend, das betraf z. B. fehlende Desinfektionsmittel für die Hände oder Einmal-Handschuhe beim Filetieren der Räucherforellen, die Sauberkeit der Gummischürzen sowie mit Kisten etc. zugestellte Flächen in den Verarbeitungsräumen oder unter den Tischen. Styroporkisten werden häufig mehrfach verwendet.

## **6.2 Darstellung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse**

### **6.2.1 Untersuchungen zur Aufzucht: Futtermittelversuche (Modellversuch)**

Der erste Versuch diente der Wiederholung einer früheren Untersuchung, nämlich dem Vergleich eines konventionellen, extrudierten Futters (TRO), das als Standard auch in allen weiteren Versuchen genutzt wurde, mit einem pelletierten Ökofutter (OKS I). Beide Futtermittel wiesen einen Rohprotein Gehalt von 48 % auf, unterschieden sich aber im Rohfett Gehalt von 24 % bzw. 16 %. Dies ist auf unterschiedliche Herstellungsverfahren zurück zu führen, welche deutlich höhere Fettgehalte in extrudierten Futtermitteln erlauben. Dabei erzielten die Tiere bei jeweils 3 Wiederholungen pro Futter ausgehend von einem Stückgewicht von 29 g mit dem konventionellen Futter nach 7 Wochen Versuchsdauer ein mittleres Endgewicht von 83,2 g, die mit dem pelletierten Ökofutter aufgezogenen dagegen nur ein Endgewicht von 69,7 g. Entsprechend unterschiedlich war die Gewichtszunahme. Auch die Futtermittelverwertung (FQ) betrug 0,67 bzw. 0,85, war also bei den konventionell aufgezogenen Forellen ebenfalls deutlich besser. Gleiches gilt für die PER (protein efficient ratio). Sie stellt das Verhältnis zwischen Zuwachs und gegebener Futter - Proteinmenge dar. (vgl. Tab. 4) Dieses Ergebnis bestätigte das im früheren „Bioforelle“- Projekt gefundene.

Tabelle 4: Vergleich eines konventionellen extrudierten Forellenfutters (TRO) mit einem pelletierten Ökofutter (OKS I), Versuchszeitraum 02. 03. – 20. 04. 2005

	TRO	ÖKS I
mittl. Körpergewicht (g)		
Versuchsbeginn	29,0	29,0
Versuchsende	83,2	69,7
Zunahme (g)	54,2	40,7
Zunahme (%)	187,1	140,9
Futtermenge (g)	36,3	34,6
Futterverwertung (FQ)	0,67	0,85
PER	3,12	2,45

Im zweiten Versuch wurde das pelletierte Futter (OKS I) durch ein extrudiertes Öko-Futter (OKS II) des gleichen Herstellers ausgetauscht und wiederum gegen das „Standardfutter“ (TRO) getestet. Bedingt durch den anderen Herstellungsprozess lag der Fettgehalt in OKS II etwas höher bei 18 %. Bei Versuchsende lagen die Endgewichte, ausgehend von 31 g Stückgewicht zu Versuchsbeginn, ebenfalls in 3 Wiederholungen bei einer Versuchsdauer von 8 Wochen, schließlich bei einer mittleren Stückmasse von 105,2 g für die konventionell gefütterten und 96,8 g für die mit einem Ökofutter versorgten Tiere. Die FQs betragen 0,65 bzw. 0,71, die PER – Werte 3,17 und 2,95 (Tab. 5). Erwähnenswert sind die fast gleichen Werte des Standardfutters hinsichtlich FQ und PER in beiden Versuchen.

Tabelle 5: Vergleich eines konventionellen extrudierten Forellenfutters (TRO) mit einem extrudierten Ökofutter (OKS II), Versuchszeitraum 25.10.- 21.12.2005

	TRO	ÖKS II
mittl. Körpergewicht (g)		
Versuchsbeginn	31,0	31,0
Versuchsende	105,2	96,8
Zunahme (g)	74,2	65,8
Zunahme (%)	240,3	214,3
Futtermenge (g)	48,2	46,7
Futterverwertung (FQ)	0,65	0,71
PER	3,17	2,95

Das Ökofutter desselben Herstellers schnitt als Extrudat deutlich besser ab als in pelletierter Form, auch wenn es noch nicht die Leistung des konventionellen Futters erbrachte. Aus dieser Sicht ist es sinnvoll, dass betroffene Ökoverbände ihre Richtlinien dahingehend geändert haben, dass extrudierte Futter in der ökologischen Aquakultur zulässig sind. Dies ist als ein wichtiger und überfälliger Beitrag zur Entlastung der Umwelt mit Gewässer-eutrophierenden Stoffen zu werten.

In einem dritten Futtermittelvergleich kam ein extrudiertes Ökofutter (GB I) für Forellen französischen Ursprungs zum Einsatz. Es entsprach in Herstellung und Zusammensetzung den staatlicherseits vorgegebenen Richtlinien für Futter in der biologischen Forellenzucht. Es enthielt 45 % Rohprotein und 17 % Rohfett. Auch in diesem Versuch war das Ökofutter dem bereits früher verwendeten Standardfutter (TRO) unterlegen. Dies zeigte sich in Zunahme und mittlerer Stückmasse bei Versuchsende (86,0 gegen 100,8 g) ebenso wie in den Futterverwertungszahlen von 0,78 und 0,67 und im PER von 2,84 bzw. 3,10 (Tab. 6). Auch hier sei auf die wiederum sehr ähnlichen Werte für FQ und PER des Standardfutters im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Futtermittelversuchen hingewiesen.

Tabelle 6: Vergleich eines extrudierten Ökofutters (GB) mit einem konventionellen extrudierten Forellenfutter (TRO), Versuchszeitraum 11.01.2006 – 8.03.2006

	GB I	TRO
mittl. Körpergewicht (g)		
Versuchsbeginn	30,4	30,4
Versuchsende	86,0	100,8
Zunahme (g)	55,6	70,4
Zunahme (%)	183,0	230,8
Futtermenge (g)	43,5	47,3
Futterverwertung (FQ)	0,78	0,67
PER	2,84	3,10

Da der Bezug der Ökofutter zeitlich nicht aufeinander abzustimmen war, konnten die Futter nicht in einem gemeinsamen Versuch miteinander getestet werden. Dennoch erlaubt der mitgeführte Standard eine Aussage hinsichtlich der Leistung der verschiedenen Ökofutter. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass das als Standard verwendete konventionelle Futter am besten abgeschnitten hat, die Unterschiede zwischen den beiden extrudierten Ökofuttern dagegen nur gering sind, das pelletierte Futter aber deutlich abfiel.

In einem abschließenden vierten Futtermittelversuch konnte ein drittes extrudiertes Ökofutter (SKR), in Irland hergestellt, direkt gegen den Standard sowie die beiden schon getesteten Ökofutter eingesetzt werden. Da es allerdings nur in 4 mm Größe erhältlich war, wurde dieser Versuch mit Regenbogenforellen mit einem Anfangsgewicht von rd. 180 g begonnen. Auch die anderen Futter wurden in entsprechender Größe verwendet. Das französische Ökofutter stand in der 4 mm Größe nur pelletiert, nicht aber extrudiert zur Verfügung (GB II).

Ausgehend von einem Stückgewicht von rd. 180 g betrug das Körpergewicht nach 8 Wochen bei Versuchsende mit Ausnahme des etwas besseren Standards etwa 390 g, die Gewichtszunahme lag bei 210 g (Tab. 7). Die Futterverwertungszahlen sind mit 0,81 – 0,82 für Tiere dieser Größe bei einer Futterzumessung von 1,2 % vom Körpergewicht täglich und einer Wassertemperatur von 11,2 ° C akzeptabel.

Tabelle 7: Vergleich eines konventionellen Futters (TRO) mit drei verschiedenen Ökofuttern (SKR, OKS II, GB II), Versuchszeitraum 18.01.2006 – 16.03. 2006

	TRO	SKR	OKS II	GB II
mittl. Körpergewicht (g)				
Versuchsbeginn	180,8	179,7	180,2	180,6
Versuchsende	406,0	391,9	390,8	390,3
Zunahme (g)	225,2	212,2	210,4	209,7
Zunahme (%)	124,6	118,1	116,8	116,2
Futtermenge (g)	175,7	171,6	171,9	171,8
Futterverwertung (FQ)	0,78	0,81	0,81	0,82
PER	2,79	2,63	2,55	2,71

Es fällt auf, dass die Leistung der drei Ökofutter in der verwendeten Größe von 4 mm nahezu identisch ist. Das gilt für Gewichtszunahme und Futterverwertung. Das nicht pelletierte französische Futter fiel praktisch nicht ab. Die etwas unterschiedlichen PER - Werte sind durch die differierenden Proteingehalte der Futter verursacht. Das konventionelle Futter zeigt sich noch leicht überlegen, aber die großen Unterschiede sind nicht mehr vorhanden.

► Zusammenfassend ist festzustellen, dass das verwendete konventionelle „Standardfutter“, das sich auch im Vergleich zu anderen konventionellen Futtern in der Vergangenheit als besonders gut herausgestellt hat, gegenüber den drei getesteten Ökofuttern in diesem Versuch bei der gegebenen Pelletgröße nur relativ geringe Leistungsvorteile zeigt, in kleineren Größen (2 mm) aber offensichtlich deutlichere Vorteile hat.

## 6.2.2 Untersuchungen zur Qualität

### 6.2.2.1 Bestimmung biologischer Kennzahlen (Modellversuch)

Die Gewichte der untersuchten konventionellen Forellen schwankten zwischen 266 g – 406 g, die Gewichte der Ökoforellen lagen zwischen 220 g – 354 g.

Tabelle 8: Längen und Gewichte der Forellen des Modellversuchs (Mw = Mittelwert, Werte gerundet)

N=50	Länge	Gewicht	Schlachtgewicht
<b>Konventionelle Forellen</b>	Mw: 31 cm Länge min: 27 cm Länge max: 35 cm	Mw: 468 g Gewicht min: 296 g Gewicht max: 619 g	Mw: 417 g Gewicht min: 269 g Gewicht max: 559 g
<b>Ökologisch erzeugte Forellen</b>	Mw: 33 cm Länge min: 29 cm Länge max: 35 cm	Mw: 452 g Gewicht min: 285 Gewicht max: 561 g	Mw: 413 g Gewicht min: 256 g Gewicht max: 547 g

### 6.2.2.2 Chemische Grundzusammensetzung, TVB-N-, TMA-N- und DMA-N- Gehalte

#### *Geräucherte Forellen des Modellversuchs*

Zur Charakterisierung der für den Modellversuch produzierten Forellen und der daraus hergestellten Räucherprodukte wurde vor Beginn der vergleichenden Lagerversuche die chemische Zusammensetzung des essbaren Anteils der Rohware und der frisch geräucherten Fische ermittelt.

Ein Teil der geräucherten Fische wurde im Anschluss filetiert und vakuumverpackt. Damit charakterisiert die Zusammensetzung sowohl die lose gelagerte Ware als auch die vakuumverpackten Filets.

#### Chemische Grundzusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung und der Salzgehalt wurden an jeweils 5 rohen unbehandelten und 5 geräucherten konventionell erzeugten Forellen untersucht sowie an 5 ebenfalls unbehandelten bzw. geräucherten ökologisch erzeugten Forellen.

Die Zusammensetzung des essbaren Anteils der Rohware und der frisch geräucherten Fische zeigt Tabelle 9.

Mit durchschnittlich 6,0 % Fett waren die geräucherten konventionell erzeugten Forellen deutlicher fetter als die ökologisch aufgezogenen Räucherforellen mit einem Fettgehalt von 4,5

% Die Rohproteingehalte sind mit 21,4 bzw. 21,4 % typisch für Räucherforellen und zeigen kaum Schwankungen zwischen den einzelnen Fischen.

Tabelle 9: Zusammensetzung des essbaren Anteils der Forellen des Modellversuchs (jeweils n= 5; x= Mittelwert, s= Standardabweichung)

		Ökologisch		Konventionell	
		Rohware	geräuchert	Rohware	geräuchert
Wasser (%)	x	76,3	71,6	74,4	71,1
	s	0,5	0,9	1	0,4
Fett (%)	x	3,3	4,5	4,7	6,0
	s	0,3	0,4	1,1	0,3
Mineralstoffe (%)	x	1,1	2,3	1,1	1,9
	s	0,1	0,3	0,1	0,4
Protein (%)	x	19,8	21,6	20,2	21,4
	s	0,3	0,4	0,3	0,3
Salz (%)	x	0,4	1,8	0,51	1,44
	s	0,03	0,3	0,05	0,4

Die Salzgehalte der Räucherwaren lagen mit 1,44 % bzw. 1,8 % relativ hoch, blieben aber durchaus noch in einem normalen Bereich für Räucherforellen. Die Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell erzeugten Forellen sind wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Größen verbunden mit der Salzungsdauer zurückzuführen.

### **Veränderungen der TVB-N, TMA-N und DMA-N Gehalte während der Lagerung**

Der TVB-N-Wert (Gehalt an flüchtigen stickstoffhaltigen Basen) wird als Maß für den Verderb von Fischen herangezogen und steigt im Allgemeinen mit zunehmender Lagerdauer an.

#### ***Lagerung der konventionell erzeugten Ware (Modellversuch)***

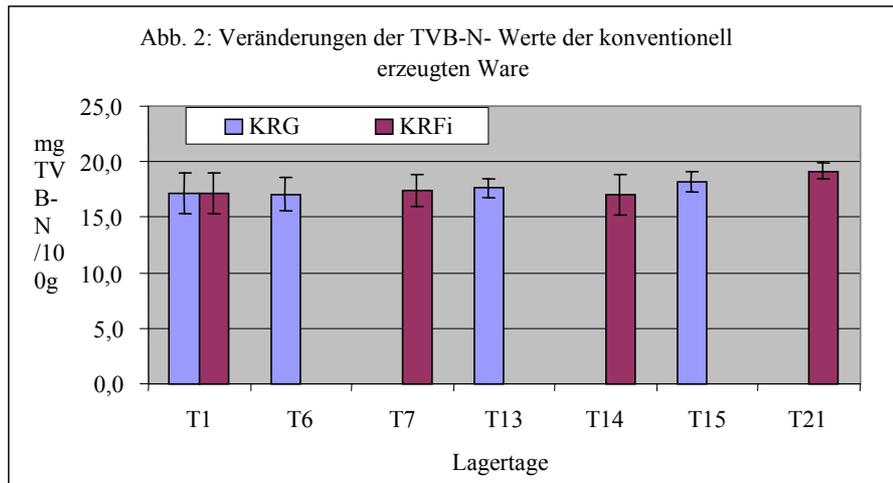
Der TVB-N- Gehalt war zu Beginn der Lagerung mit 17,2 mg/ 100g niedrig und blieb bei den offen gelagerten, geräucherten ganzen Forellen (KRG) über den Lagerzeitraum von 15 Tagen mit geringen Schwankungen weitgehend konstant.

Die TVB-N-Gehalte der vakuumverpackten Filets (KRFi) waren in den ersten 15 Lagertagen identisch und stiegen auch 21 Tagen nur leicht auf 19,2 mg/ 100g an.

Die DMA-N und TMA-N-Gehalte blieben bei der losen Ware und den vakuumverpackten Filets über den gesamten Lagerzeitraum unterhalb der Nachweisgrenze von < 0,4 mg/ 100g.

Die Messung dieser Parameter ist daher zur Verfolgung von Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Räucherforellen nicht geeignet.

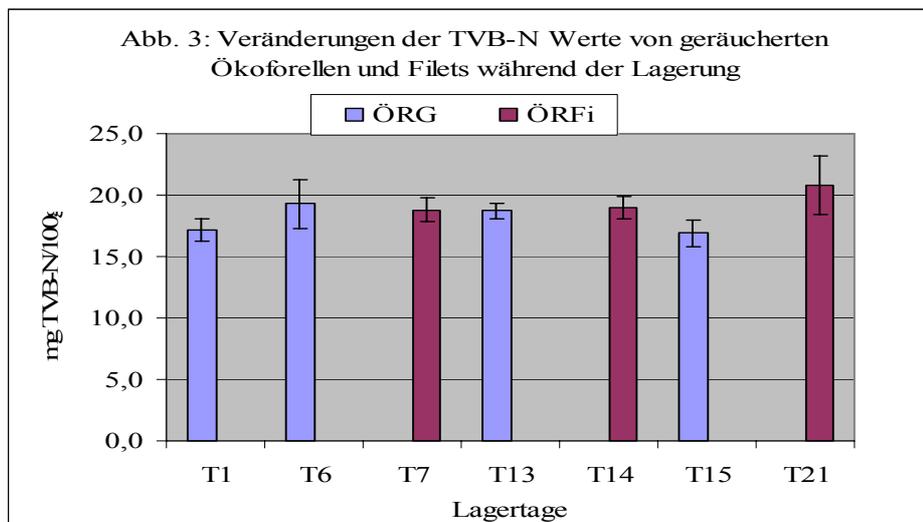
Abbildung 2 zeigt die Veränderungen der TVB-N-Gehalte während der Lagerung der losen Ware und der vakuumverpackten Filets.



KRG : Konventionelle geräucherte ganze Fische KRFi: Konventionelle geräucherte, vakuumverpackte Filets

### **Lagerung der ökologisch erzeugten Ware (Modellversuch)**

Abbildung 3 zeigt die Veränderungen der TVB-N-Gehalte während der Lagerung der ökologisch aufgezogenen Räucherforellen und der vakuumverpackten Filets.



ÖRG: Ökologische, ganze geräucherte Fische ÖRFi: Ökologische geräucherte und vakuumverpackte Filets

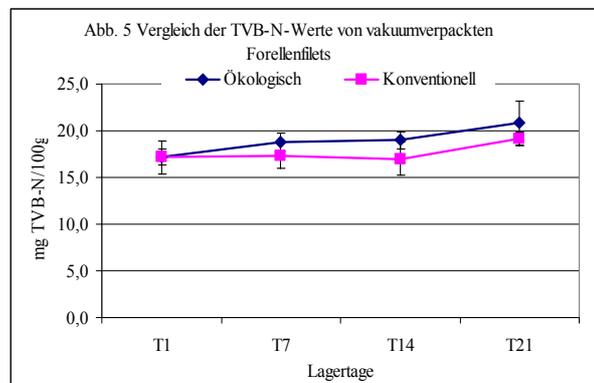
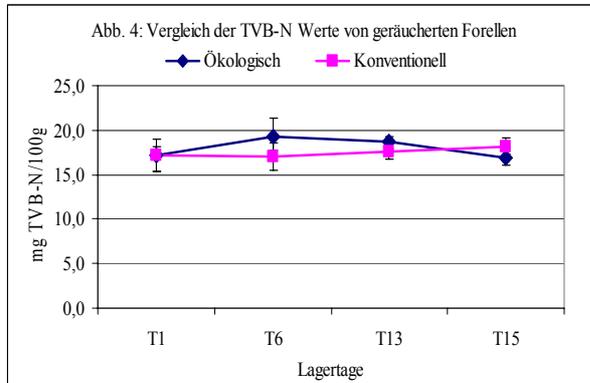
Der TVB-N- Gehalt war zu Beginn der Lagerung mit 17,2 mg/ 100g identisch mit der konventionellen Ware und blieb bei den offen gelagerten, geräucherten ganzen Forellen (ÖRG) über den Lagerzeitraum von 15 Tagen mit geringen Schwankungen ebenfalls weitgehend konstant.

Der TVB-N-Gehalt der vakuumverpackten Filets (ÖRFi) entsprach in den ersten 15 Lagertagen der losen Ware und stieg nach 21 Tagen auf 20,8 mg/ 100g an.

Die DMA-N- und TMA-N Gehalte blieben wiederum über den gesamten Lagerzeitraum unter der Nachweisgrenze.

**Veränderungen der TVB-N-Gehalte von ökologisch und konventionell erzeugten Räucherforellen im Vergleich (Modellversuch)**

In den Abbildungen 4 und 5 sind die Veränderungen der TVB-N-Gehalte von ökologisch und konventionell erzeugten Räucherforellen und daraus hergestellten vakuumverpackten Filets grafisch dargestellt.



Es sind keine Unterschiede zwischen den Aufzuchtformen feststellbar.

**Konventionelle und ökologische erzeugte Handelsware**

In Tabelle 10 ist die Zusammensetzung des essbaren Anteils von kommerzieller Räucherware vergleichend gegenübergestellt, die unter konventionellen und ökologischen Bedingungen hergestellt wurde. Bei den ökologisch aufgezogenen Forellen wurde zusätzlich auch die Rohware analysiert. Angegeben ist der Mittelwert aus je 5 Einzelproben. Der konventionell arbeitende Betrieb wurde sowohl im Winter als auch im Sommer beprobt.

Tabelle 10: Zusammensetzung des essbaren Anteils von konventionell und ökologisch erzeugter Handelsware - Rohware und ganze geräucherte Forellen - (jeweils n= 5 Forellen; x= Mittelwert, s= Standardabweichung))

		Betrieb 1		Betrieb 2	
		Rohware	Ökologisch geräuchert *)	geräuchert	Konventionell geräuchert
Jahreszeit		Sommer 2006		Winter 2005	Sommer 2006
			Öko-RFo	Konv RFo1	Konv RFo2
Wasser (%)	x	73,8	65,9	70,8	67,0
	s	1,2	1,7	1,3	1,2
Fett (%)	x	6,4	7,1	6,5	9,1
	s	1,6	1,2	1,2	1,1
Mineralstoffe (%)	x	1,1	2,4	1,8	1,5
	s	0,1	0,3	0,1	0,1
Protein (%)	x	19,1	24,7	21,4	22,0
	s	0,5	0,9	0,4	0,5
Salz (%)	x	0,1	1,6	0,84	1,1
	s	0,01	0,2	0,1	0,02

\*) vakuumverpackt

Mit durchschnittlich 6,4 % Fett waren die ökologisch aufgezogenen Forellen im Vergleich zu früheren Untersuchungsergebnissen (7) relativ fett, die Konzentrationen der geräucherten Ware entsprechen aber durchaus den in Deutschland marktüblichen Fettgehalten von Räucherforellen. Dies sieht man auch an den Gehalten der konventionellen Ware des Betriebes 2 (Konv RFo-1 + -2).

Der Wassergehalt der Ökoforellen war mit 65,9 % relativ niedrig, korrespondiert aber mit dem erhöhten Rohproteingehalt von 24,7 %. Der hohe Wasserverlust durch die Räucherung ist eher untypisch für Räucherforellen und deutet auf eine lange Verweilzeit im Räucherofen hin. Die Salzgehalte der Ökoforellen liegen mit 1,6 % in einem normalen Bereich.

Die Zusammensetzung der konventionell aufgezogenen Räucherforellen entspricht früheren Untersuchungsergebnissen, nur der Salzgehalt ist relativ niedrig.

**Veränderungen der TVB-N, TMA-N und DMA-N Gehalte während der Lagerung von kommerziell hergestellten Räucherforellen und -filet**

Tabelle 11: Änderungen der TVB-N-Gehalte während der Lagerung von kommerziell hergestellten Räucherforellen (jeweils n=5 Forellen)

	Betrieb 1 Ökologisch		Betrieb 2 Konventionell
	Ganzfisch vakuumverpackt	Filet vakuumverpackt	Ganzfisch Konv RFo1
Lagertag	Juni 2006		Winter 2005
1			17,2
3			19,6
5	22,5		
9			19,3
10		21,9	
11	19,2		
13			18,7
15			20,6
17		22,3	20,7
18	19,3		
20		22,6	
21	22,3		
24		20,4	

In Tabelle 11 sind die Veränderungen der TVB-N-Werte während der offenen Lagerung von ganzen Räucherforellen aus konventioneller und sowie die der vakuumverpackten ganzen Fische und Filets aus ökologischer Zucht zusammengestellt.

Alle Produkte wurden in den entsprechenden Betrieben hergestellt und im Forschungsbereich Fischqualität bei 2-4 °C gelagert. Der Vergleich zeigte keine Unterschiede zwischen den ökologischen, vakuumverpackten und den konventionell erzeugten ganzen, offen gelagerten Räucherforellen. Beide Produkte hatten nahezu gleichbleibende TVB-N-Werte über den

gesamten Untersuchungszeitraum. Die Werte schwankten zwischen 17,2 und 22,5 mg TVB-N/ 100g. Aufgrund der Ergebnisse scheint der TVB-N-Wert für eine Verfolgung möglicher Qualitätsveränderungen von gelagerten Räucherforellen nicht geeignet zu sein.

Die DMA und TMA-Gehalte lagen durchweg unter der Nachweisgrenze und werden daher nicht diskutiert.

### **6.2.2.3 Fettsäurezusammensetzung**

#### ***Konventionelle und ökologisch erzeugte Räucherforellen (Modellversuch)***

Fette enthalten unterschiedliche Anteile verschiedener Fettsäuren. Die jeweiligen Anteile in den Fetten von Tieren und Pflanzen unterscheiden sich z.T. erheblich, so dass die Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung oft eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Arten möglich macht. Die Zusammensetzung der Fette wird maßgeblich durch die Inhaltsstoffe des Futters beeinflusst (33, 34).

Untersucht wurde, ob sich geräucherte Forellen aus konventioneller und ökologischer Aufzucht eventuell durch ihre Fettsäuremuster unterscheiden, bedingt durch unterschiedliche Futter und Lebensbedingungen. Berechnet wurde die Zusammensetzung in Prozenten. Die vorhandenen bekannten Substanzen des für die gaschromatographischen Analysen eingesetzten Standardgemisches bildeten die 100%-Basis.

Zwischen den einzelnen Untersuchungstagen gab es kleinere Schwankungen in der Fettsäurezusammensetzung, wie sie für ein derartiges biologisches Material zu erwarten war. Die einzelnen Komponenten und hier besonders die Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren veränderten sich nicht mit der Lagerung.

Die Fettsäureverteilung bewegte sich in den Grenzen, die für Forellen aus der Aquakultur zu erwarten waren und stimmte mit Literaturdaten und eigenen Untersuchungen überein.

Es ergaben sich für einige Fettsäuren unterschiedliche Gehalte für die beiden Aufzuchtformen. Auffällig war, dass sich die Gehalte der wichtigen Omega-3-Fettsäuren DHA (Docosahexaensäure) und EPA (Eicosapentaensäure) in den ökologisch und konventionell erzeugten Forellen deutlich unterschieden. Der DHA-Anteil in den Bio-Räucherforellen lag um einige Prozent höher als in den konventionell erzeugten (ca. 24% gegen 20 %). Der EPA-Anteil war im Gegensatz dazu in den konventionellen Räucherforellen höher (ca. 11% gegen 6%). Weitere Auffälligkeiten waren die geringeren Gehalte an Linol- und Linolensäuren in den ökologisch aufgezogenen Forellen (Tabelle 12).

#### ***Konventionelle Handelsware***

Die Anteile ausgewählter Fettsäuren in den Handelsproben ähnelten denen der konventionell aufgezogenen Forellen des Modellversuchs. Die dabei festgestellten geringen Unterschiede ergeben sich aus den von den verschiedenen Züchtern verwendeten Futtermitteln, die sich in ihrer Fettsäurezusammensetzung unterscheiden können.

Tabelle 12: Vergleich prozentualer Anteile ausgewählter Fettsäuren von konventionell und ökologisch erzeugten Räucherforellen/-filets sowie von konventionellen Handelsproben

Fettsäuremethylester	Modellversuch				Handelsproben
	Konv. Filet	Konv. ganz	Öko. Filet	Öko. ganz	
Angaben in %					
Linolsäure	8,55	9,19	5,00	5,66	10,71
Linolensäure	3,05	3,37	1,08	1,27	4,12
cis-11-Eicosensäure	3,21	3,63	6,73	6,95	5,72
Eicosapentaensäure (EPA)	10,00	10,41	6,19	6,26	9,33
Docosahexaensäure (DHA)	19,53	18,76	31,05	25,26	16,34

#### 6.2.2.4 Fettverderb

##### *Malondialdehyd*

Bei der Lagerung von Lebensmitteln entsteht durch Oxidation der Fette eine große Vielfalt an flüchtigen und nicht-flüchtigen Substanzen. Die Geschwindigkeit der Oxidation ist abhängig von der Fettsäurezusammensetzung, der Konzentration und Wirksamkeit von Pro- und Antioxidantien, dem Sauerstoff-Partialdruck, der mit dem Sauerstoff in Berührung kommenden Oberfläche und von den Lagerbedingungen (Temperatur, Licht, Wassergehalt).

Malondialdehyd wird vor allem bei der Fettoxidation ungesättigter Fettsäuren mit drei und mehr Doppelbindungen freigesetzt. Die Substanz ist geruchlos, kann jedoch zur Vernetzung von Proteinen führen. Malondialdehyd wird häufig als Indikator für eine Fettoxidation herangezogen.

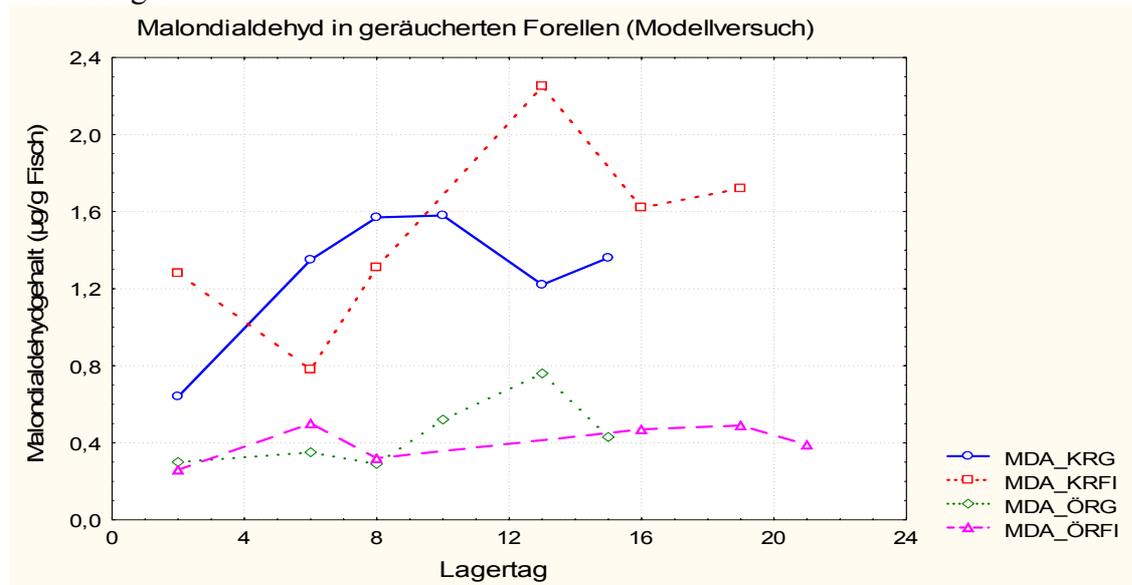
##### *Geräucherte Forellen des Modellversuchs*

Die Ergebnisse der Malondialdehydbestimmung der geräucherten Proben sind in der nachfolgenden Abbildung 6 zusammengefasst.

Der Gehalt an Malondialdehyd (MDA) nahm - zumindest anfangs - bei allen Proben während der Lagerung zu. Die Malondialdehyd-Gehalte aller konventionell gefarmten Forellen lagen deutlich über denen, die in den ökologisch gefarmten Forellen gefunden wurden. Dies kann auf den niedrigeren Fettgehalt oder unter Umständen auch auf einen höheren Gehalt an endogenen Antioxidantien im Fleisch der ökologisch aufgezogenen Forellen zurückzuführen sein.

Die Gehalte zwischen den ganzen geräucherten Forellen und den geräucherten Filets einer Aufzuchtform waren dagegen recht ähnlich.

Abbildung 6:

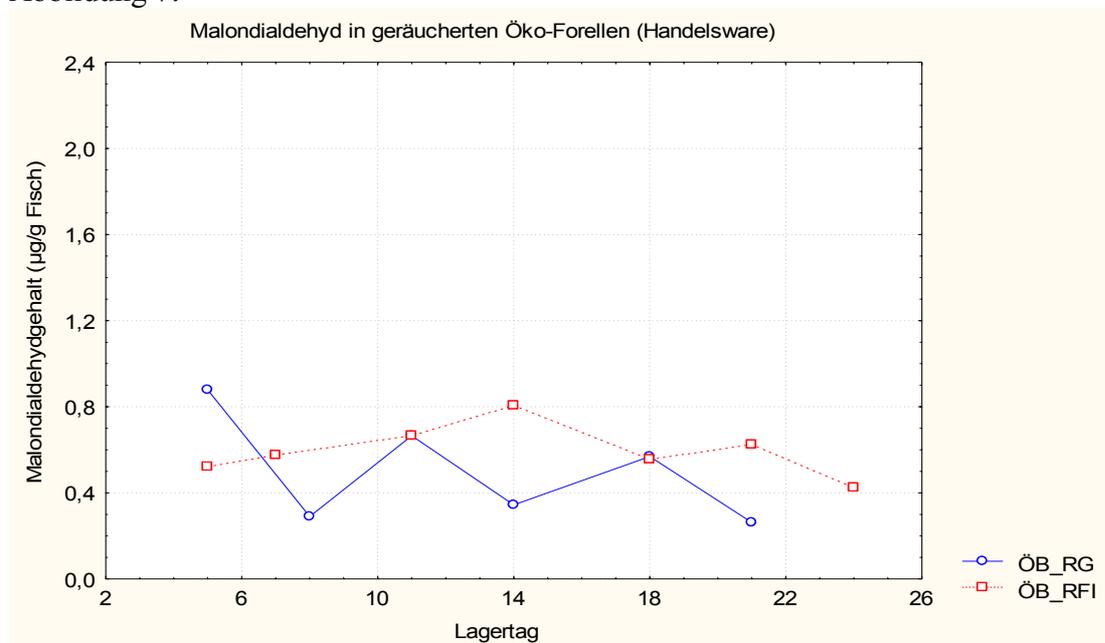


MDA= Malondialdehyd, K= konventionell, Ö= ökologisch,  
 RG= geräucherte ganze Fische, RFi= geräucherte Filets

### Ökologisch erzeugte Handelsware

Die Ergebnisse der Malondialdehydbestimmung der kommerziellen geräucherten Handelsproben aus ökologischer Produktion sind in der nachfolgenden Abbildung 7 zusammengefasst.

Abbildung 7:



RG= geräucherte ganze Fische, RFi= geräucherte Filets

Die Malondialdehydgehalte von kommerziellen Räucherforellen aus ökologischer Produktion lagen im gleichen Konzentrationsbereich wie die der zuvor untersuchten Öko-Forellen des

Modellversuchs. Bei den geräucherten Filets stieg der Malondialdehydgehalt zunächst an und nahm dann bei weiterer Lagerung wieder ab. Die Gehalte der geräucherten ganzen Fische unterlagen stärkeren Schwankungen.

### ***Peroxidzahl***

Analysiert wurden die konventionell aufgezogenen Forellen aus dem Modellversuch an den Lagertagen 1, 6, 9, 13 und 15, und die ökologisch aufgezogenen Forellen an den Lagertagen 1, 6, 9, 13 und 21. Dazu wurden jeweils zwei Poolproben aus zwei bzw. drei Forellen eingesetzt.

Die Untersuchung ergab, dass auch nach 21 Lagertagen die ermittelten Werte nur knapp über dem Blindwert lagen. Für die Feststellung und Beurteilung eines eventuell unterschiedlichen Fettverderbs zwischen den beiden Aufzuchtformen scheint die Peroxidzahl nicht geeignet zu sein.

### **6.2.2.5 Mikrobiologische Untersuchungen**

#### ***Geräucherte Forellen/-filets des Modellversuchs***

Die vergleichende Untersuchung von konventionell und ökologisch hergestellten geräucherten Forellen und vakuumverpackten Forellenfilets über einen Zeitraum von mindestens 21 Lagertagen bei 2-4 °C ergab folgendes:

Während der gesamten Lagerzeit konnten weder auf der Haut noch im Gewebe der untersuchten Proben aus ganzen, konventionell gezogenen Forellen Bakterien (GKZ, *Shewanella putrefaciens*, Clostridien) nachgewiesen werden.

In den Gewebeproben vakuumverpackter, konventionell gezogener Forellenfilets wurden bis zum 16. Lagertag keine Bakterien (GKZ, *Shewanella putrefaciens*, Clostridien) gefunden. Am 19. Tag enthielten 3 der 5 untersuchten Proben GKZ zwischen  $2,6 \times 10^2$  und  $2,6 \times 10^3$  / g, am 21. Tag wurde in 1 von 5 Proben GKZ von  $3,3 \times 10^5$  / g gefunden.

Entsprechend der Ergebnisse aus der Lagerserie mit konventionell gezogenen Forellen konnten auch weder auf der Haut noch im Gewebe der untersuchten Proben von ökologisch gezogenen, ganzen Forellen Bakterien (GKZ, *Shewanella putrefaciens*, Clostridien) nachgewiesen werden.

Auf ökologischen, vakuumverpackten Filets wurden bis zum 6. Lagertag keine Bakterien gefunden. Am 8., 19., 21., 27. und 31. Lagertag wurden GKZ und Enterobakterien nachgewiesen. Am 8. Tag wurden in 3 von 5 Proben GKZ zwischen  $8 \times 10^1$  und  $1,2 \times 10^3$  / g und in 2 von 5 Proben  $1 - 4 \times 10^2$  / g Enterobakterien gefunden. Am 19. Lagertag wurden in 3 von 5 Proben  $1 \times 10^3$  bis  $3,6 \times 10^4$  GKZ und in einer Probe  $3,5 \times 10^3$  Enterobakterien gefunden. Am 21. Lagertag waren in allen Proben GKZ ( $1,3 \times 10^3 - 2,1 \times 10^5$  / g) und Enterobakterien ( $1 \times 10^2 - 6,6 \times 10^4$  / g) nachzuweisen. Zum Ende der Lagerung gingen die Bakterienzahlen wieder zurück, am 27. Tag waren in einer Probe  $9,4 \times 10^4$  / g GKZ und  $3,5 \times 10^4$  / g Enterobakterien, am 31. Tag fanden sich in einer Probe  $1,5 \times 10^5$  / g GKZ und in 2 Proben  $5,3 \times 10^3$  / g und  $4,3 \times 10^4$  / g Enterobakterien. Tabelle 13 gibt einen Überblick über die mikrobiologische Belastung am Ende der Lagerserien.

Zusammengefasst zeigten die mikrobiologischen Untersuchungen von Proben aus dem Modellversuch, dass weder auf der Haut noch im Gewebe von ganzen geräucherten Forellen aus konventioneller oder aus ökologischer Aufzucht während des gesamten Lagerzeitraumes von 15 bzw. 28 Tagen Gesamtkeime, *Shewanella putrefaciens* oder Enterobakterien nachzuweisen waren. Die durchgeführten Stichproben auf Clostridien verliefen gleichfalls negativ. Diese Aussage trifft mit einer Ausnahme (21. Tag:  $3 \times 10^5$  mit GKZ/ g) gleichermaßen auf die konventionellen vakuumverpackten Filets zu. Auch in ökologischen, vakuumverpackten Forellenfilets konnten keine *Shewanella putrefaciens* oder Clostridien nachgewiesen werden; in einzelnen Filetproben wurden allerdings bis zu  $10^5$ / g GKZ und  $10^4$ / g Enterobakterien gefunden.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Ergebnisse am Ende der Lagerung bei 2-4 °C - Modellversuch und die Untersuchung der Handelsware: Bestimmung der Gesamtkeimzahl (GKZ), Enterobakterien und *Shewanella putrefaciens*

Modellversuch	Probenart	Lagerdauer	Haut	Gewebe
Konventionelle Räucherforellen	Ganze Forellen	15 Tage	Ohne Befund	Ohne Befund
	Vakuumverp. Filets	21 Tage	Ohne Befund	GKZ: $3 \times 10^5$ /g <sup>(a)</sup>
Ökologische Räucherforellen	Ganze Forellen	28 Tage	Ohne Befund	Ohne Befund
	Vakuumverp. Filets	31 Tage ----- (21Tage) <sup>(d)</sup>	Ohne Befund  (Ohne Befund)	GKZ: $2 \times 10^5$ /g <sup>(a)</sup> Enterob.: $4 \times 10^5$ /g <sup>(b)</sup>  GKZ: bis $2 \times 10^4$ /g Enterob.: bis $7 \times 10^5$ /g
<b>Handelsproben</b>				
Konventionelle Räucherforellen	Ganze Forellen	21 Tage	Ohne Befund	Ohne Befund
Ökologische Räucherforellen	Vakuumverp. ganze Forellen		GKZ: bis $10^4$ /cm <sup>2</sup>	Ohne Befund
	Vakuumverp. Filets	21 Tage	GKZ: bis $10^6$ /cm <sup>2</sup> <i>S. putref.</i> : bis $10^4$ /cm <sup>2</sup> <sup>(b)</sup>	GKZ: bis $10^6$ /g <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> in 1 von 5 Proben; <sup>(b)</sup> 2 von 5 Proben, Angabe des höheren Gehalts

<sup>(c)</sup> 3 von 5 Proben, Angabe des höchsten Gehalts; <sup>(d)</sup> (Zwischen)Befund nach 21 Tagen

### ***Konventionelle und ökologisch erzeugte Handelsware***

In Handelsproben konventionell hergestellter, ganzer Räucherforellen (lose Ware, Seite 15) konnten während der 21tägigen Lagerung bei 2-4 °C keine Bakterien (GKZ, *Shewanella putrefaciens*, Enterobakterien, Clostridien) nachgewiesen werden.

Bei der Untersuchung vakuumverpackter, ökologisch hergestellter, ganzer Räucherforellen wurden über den gesamten Lagerzeitraum in Gewebeproben keine Bakterien gefunden, während auf der Haut die Gesamtkeimzahl von weniger als 100 Bakterien /cm<sup>2</sup> am 5. Lagertag mit einem Ausreißer am 18. Lagertag mit  $10^5$ / cm<sup>2</sup> auf einem von vier Fischen sehr langsam auf  $1 \times 10^4$  GKZ /cm<sup>2</sup> am 21. Lagertag anstieg. *Shewanella putrefaciens*, Enterobakterien oder Clostridien wurden während der Lagerung auf der Haut nicht gefunden.

Demgegenüber wurden während der parallel dazu verlaufenden Lagerung von ökologisch hergestellten, vakuumverpackten Forellenfilets auf der Haut der Filets stärker schwankende Gesamtkeimzahlen gefunden. Auch hier entwickelte sich die Bakterienflora von anfangs weniger als  $100/\text{cm}^2$  Haut etwas schneller als auf den ganzen Forellen auf bis zu  $1 \times 10^6$  GKZ /  $\text{cm}^2$  am 21. Lagertag. *Shewanella putrefaciens* wurde erst am 21. Lagertag und mit  $2 \times 10^3$  bzw.  $5 \times 10^4/\text{cm}^2$  nur auf zwei von fünf untersuchten Forellenfilets nachgewiesen. Enterobakterien und Clostridien wurden auf der Haut nicht gefunden.

In den Gewebeprobe der ökologisch hergestellten Forellenfilets wurden durchgehend nur in einem Teil der jeweils fünf Einzelproben Gesamtkeime gefunden, die mit starken Schwankungen am 21. Lagertag in drei von fünf Proben  $4 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$  und  $1 \times 10^6/\text{g}$  Gewebe ergaben. Tabelle 13 fasst die Ergebnisse zusammen

► Abschließend ist festzustellen, dass alle untersuchten Proben unter mikrobiologischen Aspekten von guter oder sehr guter Qualität waren. Es fällt aber auf, dass in den Proben aus konventionell produzierten Räucherfilets deutlich seltener Bakterien und niedrigere Gesamtkeimzahlen gegenüber den ökologisch produzierten Räucherfilets nachgewiesen wurden. Enterobakterien wurden nur in den Filets aus ökologischer Aufzucht gefunden. Die Anzahl an nachgewiesenen GKZ und Enterobakterien (bis  $10^5/\text{g}$ ) sowie *Shewanella putrefaciens* (bis  $10^4/\text{cm}^2$ ) auf ökologisch produzierten vakuumverpackten Räucherfilets gaben aber in keinem Fall Anlass zu Beanstandungen noch wären sie in der Lage gewesen, die sensorischen Ergebnisse zu beeinflussen.

#### 6.2.2.6 Sensorik

##### *Geräucherte Forellen des Modellversuchs*

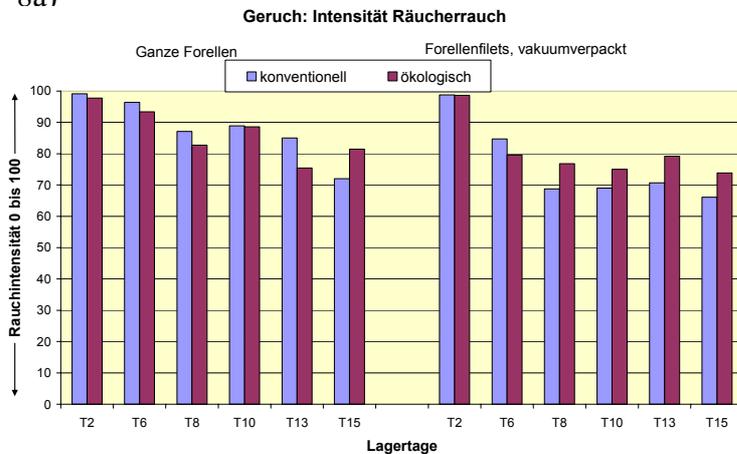
Die Ausgangsqualität sowohl der frischen konventionellen als auch der ökologischen Forellen/vakuumverpackten Forellenfilets erwies sich als sehr gut.

Von den zu bewertenden Kriterien zur Beurteilung der Qualität waren nur relevant: Geruch (Intensität des Räucherrauchs) - Geschmack (typisch; außerdem mit Einschränkungen: salzig, abweichend mit entsprechender Erklärung) - Konsistenz (zart/ zäh, trocken/ saftig). (Fragebogen: Anlage 2)

Die Veränderung dieser Merkmalsparameter sind in den Abbildungen 8 a bis e dargestellt. Sie zeigen, dass die Schwankungen bei der Beurteilung der Proben zum Teil erheblich sind, was auch die durchaus widersprüchlichen Bemerkungen der Tabelle 13 bestätigen. Ein Grund dafür ist, dass die sensorischen Eigenschaften der verschiedenen Fleischabschnitte (Rücken, Bauch) sehr unterschiedlich sein können, was auch die möglichst repräsentative Probenverteilung bei der Verkostung nicht völlig egalisieren konnte.

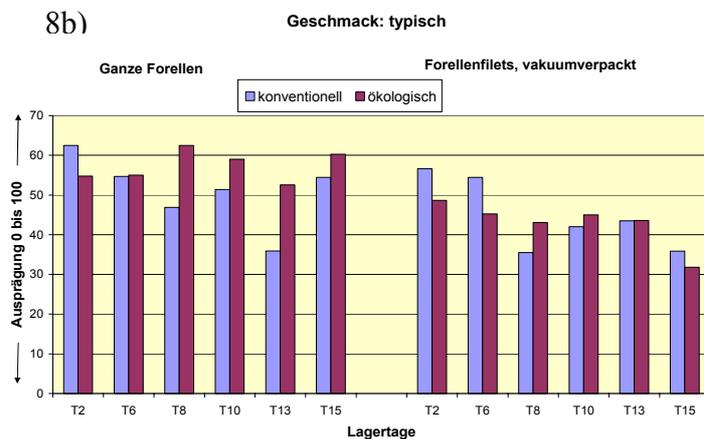
Abbildungen 8 a-e: Modellversuch - Darstellung der Ergebnisse für ausgewählte Komponenten der sensorischen Beurteilung sowohl für konventionelle als auch ökologisch erzeugte Räucherforellen und -filets in Vakuumverpackung.

8a)



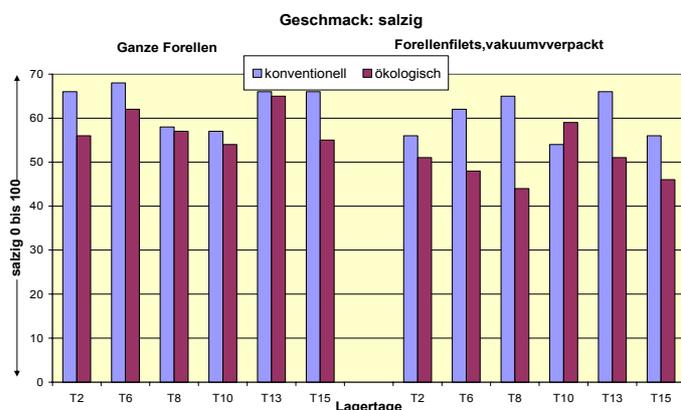
Die vakuumverpackten Forellenfilets beider Erzeugungstypen wurden tendenziell in der Intensität des Räucherrauchs etwas niedriger bewertet.

8b)



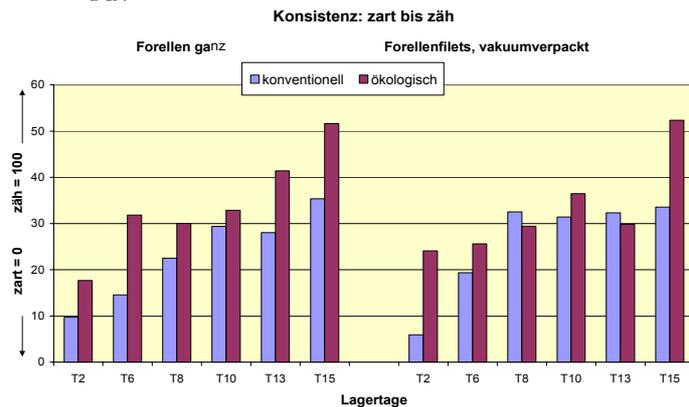
Der Geschmackseindruck „typisch“ war bei den ganzen Räucherforellen deutlichen Schwankungen unterworfen, die allerdings eher auf die bereits erwähnte unterschiedliche individuelle Bewertung innerhalb des Panels zurückzuführen war. Einig waren sich die Prüfer, dass vakuum-verpackte Forellenfilets im Vergleich etwas flacher bzw. ausdrucksloser waren.

8c)



Interessanterweise wurden die ökologischen Räucherforellen durchgängig als weniger salzig bewertet, obwohl sie mit 1,8 % gegenüber 1,4 % stärker gesalzen waren.

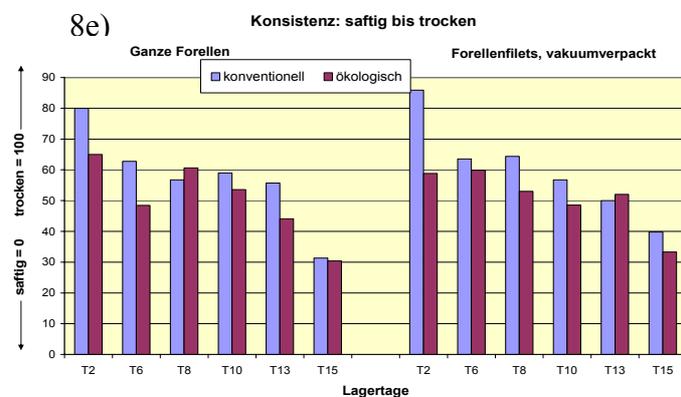
8d)



Bei der Konsistenz wurden die größten Unterschiede zu Beginn und am Ende der Lagerung festgestellt.

Die konventionellen Räucherforellen des Modellversuchs waren insgesamt etwas zarter als die ökologisch erzeugten.

8e)



Demgegenüber stand eine anfangs deutlich trockenere Konsistenz. Die Saftigkeit nahm mit der Lagerung zu, wobei das Fleisch am Tag 15 auch abwertend als wasserlässig bezeichnet wurde. (Tabelle 14)

Das Merkmal „weich- fest“ (nicht dargestellt) offenbarte keinerlei herstellungs- und lagerbedingten Unterschiede.

► Fasst man die Ergebnisse des Lagerversuchs zusammen, so gab es keine statistisch abzusichernden Unterschiede zwischen der konventionellen und der ökologischen Räucherware des Modellversuchs, das gilt sowohl für die offen gelagerten ganzen Forellen als auch für die vakuumverpackten Filets.

Die Qualität der Proben nahm kontinuierlich ab, war jedoch bei beiden Produktformen am Ende der sensorischen Verkostungen durchaus noch als durchschnittlich zu bezeichnen und keinesfalls verdorben.

Tabelle 14: Zusammenfassung der Bemerkungen auf den Bewertungsbögen  
(Modellversuch: offen gelagerte ganze Räucherforellen und vakuumverpackte Filets)

Lagertag	Konventionelle Ware	Ökologische Ware
<b>Tag 2:</b>	<u>Ganze Forellen</u> salziger und rauchiger	<u>Ganze Forellen</u> in der Bauchhöhle wesentlich mehr Feuchtigkeit. Geschmack weniger nach Rauch. <u>Forellenfilets</u> : Fleisch deutlich heller.
<b>Tag 6:</b>	<u>Ganze Forellen</u> : Salz tritt etwas stärker hervor als am 1. Sensoriktermin. <u>Filets</u> riechen weniger intensiv nach Rauch, auch weniger salzig Abweichungen beim <u>Filet</u> : Geruch und Geschmack: muffig, tranig (2 Nennungen) Filetware qualitativ etwas schlechter	Vakuumverpackte <u>Filets</u> mit nicht definierbarem Nebengeruch (geringfügig)
<b>Tag 8:</b>	<u>Ganze Forellen</u> : Mehre Nennungen für fischig tranig  In den <u>Filets</u> nicht näher definierbarer Beigeschmack <u>Filets</u> weniger salzig	<u>Ganze Forellen</u> : Geschmack und Geruch leicht teerartig. Geschmack der Bauchlappen leicht bitter/teerartig/zu rauchig  <u>Filets</u> : Nicht näher definierbarer geringfügiger Nebengeschmack.
<b>Tag 10:</b>	<u>Ganze Forellen</u> farblich nach wie vor ansprechend. Haut wirkt jedoch faltiger und wellig <u>Filets</u> wirken feucht und leicht schmierig, Fleisch schmeckt nicht mehr deutlich nach Rauch, insbesondere das der vakuumverpackten <u>Filets</u> Bauchlappen bräunlich, fischig (beides nur mit sehr geringer Abwertung)	<u>Ganze Forellen</u> farblich nach wie vor ansprechend. Haut wirkt jedoch faltiger und wellig. <u>Ganzfisch</u> : Geruch scharf, nach Rauch, leicht teerig, leicht tranig <u>Filet</u> : Geruch leicht tranig (nur stellenweise)
<b>Tag 13:</b>	<u>Ganze Forellen</u> farblich nach wie vor ansprechend <u>Filets</u> wirken feucht und leicht schmierig geringerer Rauchgeruch, metallisch, fischig: Insgesamt flaches Aroma.  Vakuumverpackung: schlechtere Qualität. Fleisch schmeckt nicht mehr deutlich nach Rauch, Bauchlappen bräunlich, teilweise tranig, fischig (beides nur mit sehr geringer Abwertung)	<u>Ganze Forellen</u> äußerlich farblich nach wie vor ansprechend Bauchhöhle ganz leicht grünlich, gelblich verfärbt Geruch: rauchig, teerartig sauer Geschmack: sauer, bitter, leicht tranig.  <u>Filets</u> : Geruch sauer, teerartig, leicht tranig, Geschmack sauer, bitter
<b>Tag 15</b>	Fleisch wasserlässig, Bauchlappen gräulich-verblassend <u>Filets</u> : Geschmack tranig, sauer fischig	Geschmack bitter, tranig, sauer fischig

### ***Konventionelle und ökologisch erzeugte Handelsware***

Es wurden Lagerversuche bis zu 21 Tagen bei 2-4 °C mit kommerziellen geräucherten Forellen durchgeführt. Bei den konventionellen handelte es sich um lose in Styroporkisten gelagerte ganze Forellen, bei den ökologisch erzeugten um vakuumverpackte ganze Forellen und vakuumverpackte Filets.

Die Vorgehensweise bei der Sensorik war wie beim Modellversuch. Eine zusammenfassende Übersicht über die Bewertungen gibt Tabelle 15.

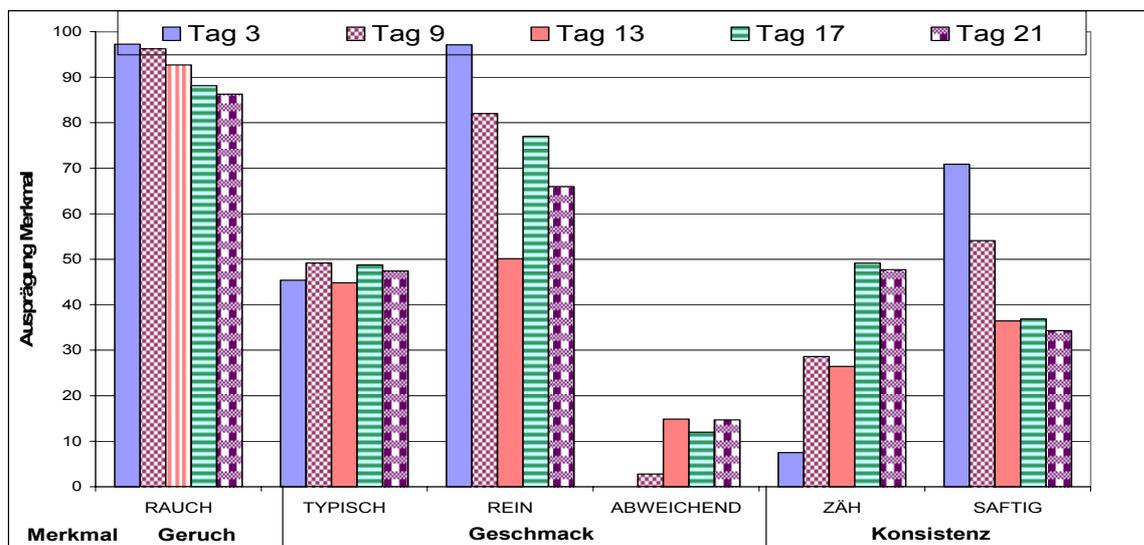
Tabelle 15: Zusammenfassung der Bemerkungen auf den Bewertungsbögen : konventionelle Ware = offen gelagerte ganze Räucherforellen; ökologische Ware= ganze Räucherforellen und -filets, vakuumverpackt

Lagertag	Konventionelle Ware	Ökologische Ware
<b>Tag 2:</b> <b>Tag 4/ 5</b> <b>(Öko)*):</b>	Äußerlich ohne Mängel, Fleisch von 2 Forellen leicht lachsfarben Konsistenz und Rauchintensität unterschiedlich	Konsistenz sehr trocken, Geschmack leicht modrig
<b>Tag 8/ 9:</b>	Haut trocken, stumpf und insbesondere im Schwanzbereich faltig Geruch leicht verändert, scharf Geschmack mit leicht teerartiger Komponente	Erste Abweichungen im Geruch, Konsistenz trockener
<b>Tag 13/ 14</b>	Haut trocken, stumpf und faltig, Fleisch trübe, verblässend Geruch teerartig, muffig, Geschmack teerartig, bitter, tranig Schwanzstücke fest und trocken, Bauch eher weich, Fett unter der Haut etwas schmierig	Fleisch blass, gelblich Filets schlechter als Ganzfisch Geruch tranig Geschmack deutlich sauer, tranig, bitter
<b>Tag 21</b>	Hautoberfläche schmierig-feucht, Lachsfärbung in gelblich-rosa verändert Geruch teerartig, fischig, scharf, Geschmack stechend teerartig, tranig, sauer, metallischer Beigeschmack, Konsistenz sehr unterschiedlich	Fleisch blass, gelblich Entwicklung unerwünschter Komponenten Geruch muffig, säuerlich Geschmack muffig, tranig, sauer, bitter

\*) 1. Verkostungstermin für Öko-Ware

Die offen gelagerten Forellen wurden 21 Tage gelagert, was nicht dem Handelsbrauch entspricht und nur zur Feststellung deutlicher Veränderungen dienen sollte. In Abbildung 9 sind die wesentlichen Qualitätsmerkmale in Kolonnen zusammengefasst. Die sensorische Haltbarkeit war erstaunlich lang. Aus der Tabelle 14 ist jedoch deutlich zu erkennen, dass ab Lagertag 8 Qualitätsveränderungen deutlich wurden und spätestens ab dem 14. Lagertag optisch und sensorisch beurteilt insgesamt keine ansprechende Räucherware mehr verkostet wurde.

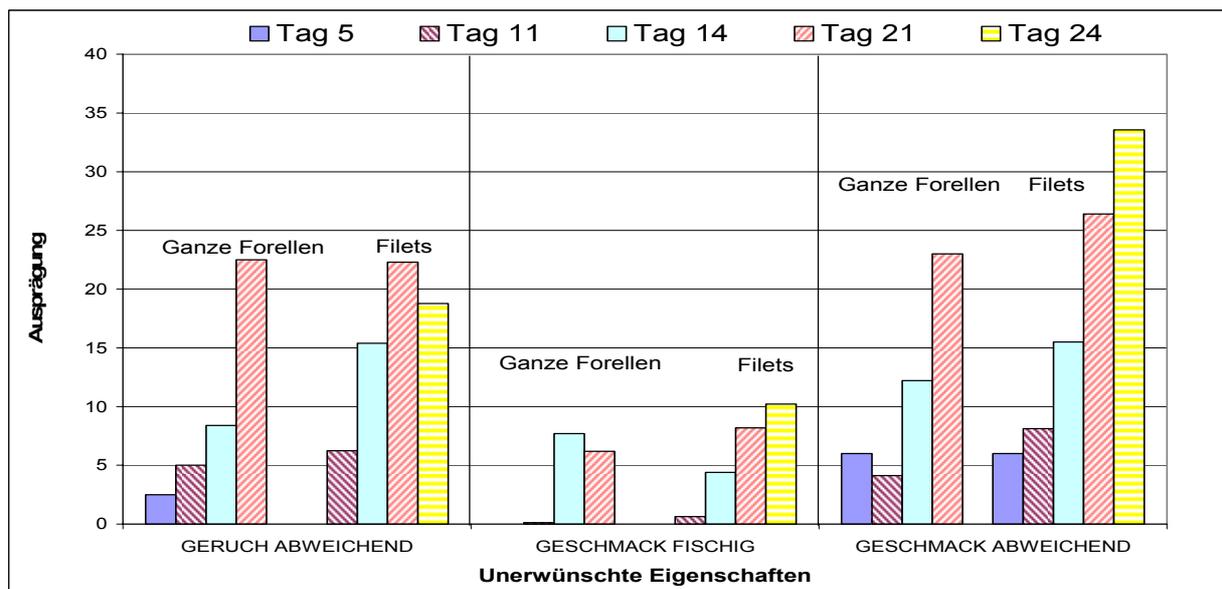
Abbildung 9 : konventionelle Handelsware: offen gelagerte ganze Räucherforellen - Übersicht über die Veränderungen wesentlicher Qualitätsparameter während der Lagerung bei 2- 4 °C



Für die ökologisch erzeugte Handelsware stellt Abbildung 10 die Entwicklung unerwünschter Geruchs- und Geschmackseigenschaften dar. Bis Tag 14 waren sie nicht feststellbar bzw. eher unbedeutend. Danach werden die Abweichungen deutlich ausgeprägter, wobei die Filets im Geschmack etwas schlechter bewertet wurden. Eine Beschreibung der Abweichungen kann Tabelle 15 entnommen werden.

Die Bio-Forellen hatten eine verhältnismäßig trockene Konsistenz und schmeckten leicht modrig, was bei Forellen aus Naturteichen durchaus vorkommen kann.

Abbildung 10: Ökologisch erzeugte Handelsware: vakuumverpackte ganze Räucherforellen und Filets. Übersicht über die Veränderung wesentlicher Qualitätsparameter während der Lagerung bei 2- 4 °C



Die ökologisch und konventionell erzeugte Handelsware unterschied sich neben der grundsätzlich schon unterschiedlichen Rohware sowohl in der Räucherung als auch in der Verpackungsart. Die konventionellen Forellen wurden in einem Altonaer Ofen geräuchert, die ökologischen hingegen in einem elektrisch betriebenen Räucherofen, was sich auch im Geschmack bemerkbar machte. Räucherfische aus dem Altonaer Ofen schmecken normalerweise intensiver.

Die Konsistenz der Bio-Forellen war im Gesamteindruck wesentlich trockener. Dies passt zu den festgestellten niedrigen Wassergehalten.

► Unterschiede, die sich auf die Art der Erzeugung zurückführen lassen, wurden nicht festgestellt. Die leicht modrige Komponente wurde in anderen Forellen des konventionellen Betriebes ebenfalls festgestellt und lässt sich in Naturteichen nicht völlig vermeiden.

### 6.2.2.7 Physikalische Farbmessung

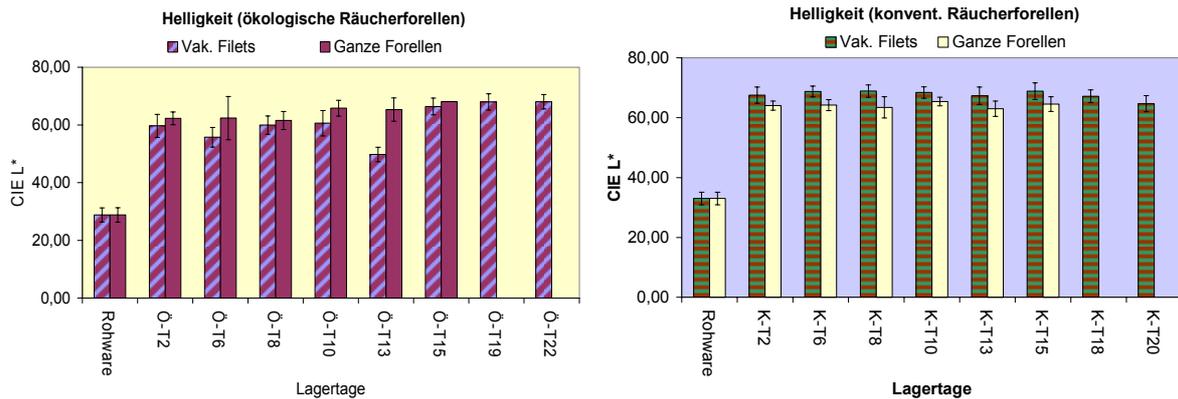
Es sollte eine exakte und reproduzierbare Beschreibung der Farben unabhängig von den subjektiven Einflüssen der menschlichen Sinneswahrnehmung erfolgen. Dies wird erreicht durch Berechnung von Farbwerten, die unter definierten physikalischen Bedingungen gemessen werden.

### Geräucherte Forellen des Modellversuchs

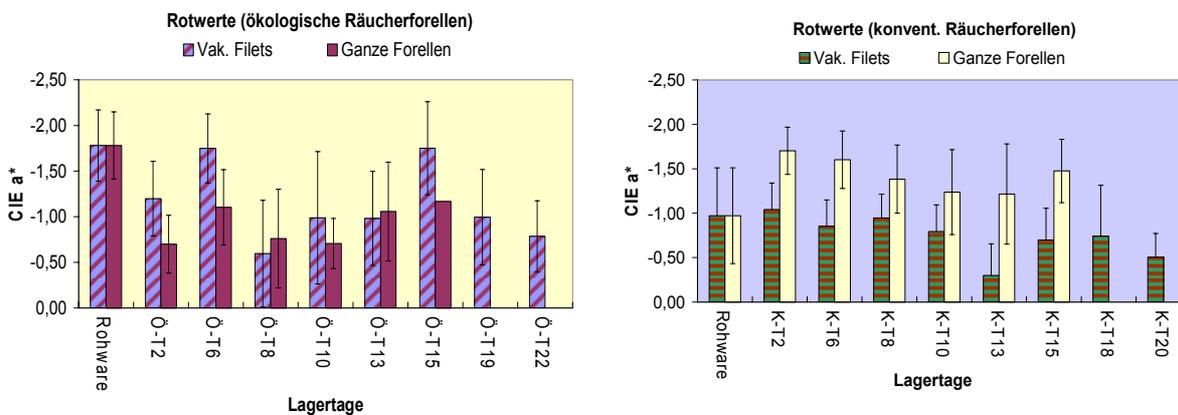
Die Helligkeit  $L^*$  und die Gelbwerte  $b^*$  der Rohware erhöhten sich durch den Räucherprozess signifikant. Die unter ökologischen Bedingungen aufgezogenen Forellen hatten nach der Verarbeitung niedrigere  $L^*$  und  $b^*$ -Werte als die konventionellen, jedoch verringerten sich diese Unterschiede im Laufe der Lagerung. Die Rotwerte  $a^*$  nahmen tendenziell zu (Abbildungen 11a-c).

Abbildungen 11a-c: Veränderungen der CIELab-Farbwerte von geräucherten Forellen und vakuumverpackten Forellenfilets des Modellversuchs während einer Kühlungagerung bei 2-4 °C

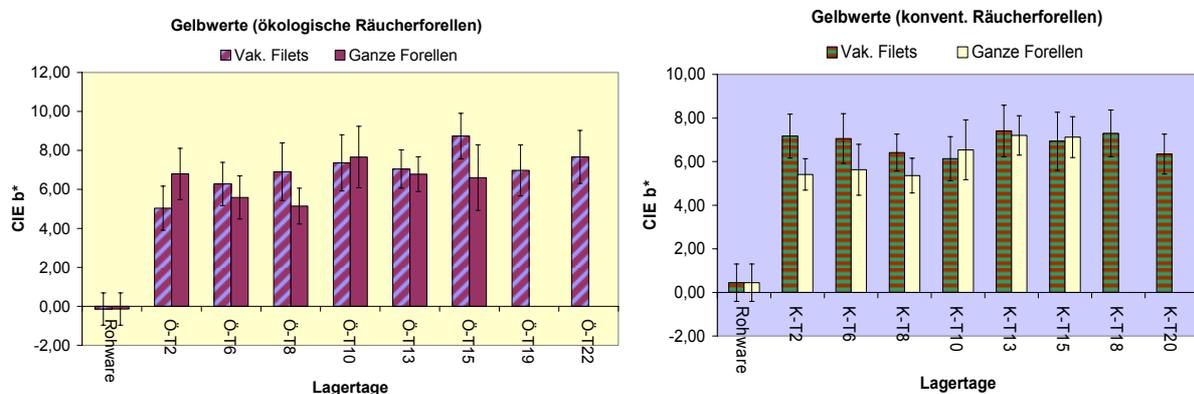
#### a) Helligkeit $L^*$ ökologischer und konventionell hergestellter Räucherforellen



#### b) Rotwerte $a^*$ ökologischer und konventionell hergestellter Räucherforellen



#### c) Gelbwerte $b^*$ ökologischer und konventionell hergestellter Räucherforellen



► Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass sich keine schlüssigen Aussagen aus den Messwerten ergeben. Die Methode ließ weder Rückschlüsse auf die Produktionsform noch auf lagerungsbedingte Veränderungen zu.

Eine detaillierte Auswertung hat Schubring veröffentlicht (35).

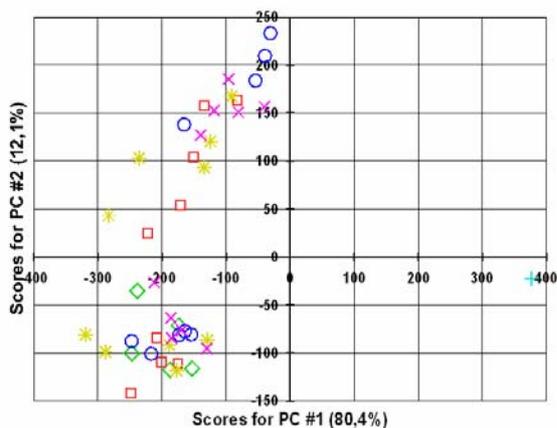
### 6.2.2.8 Messungen mit der elektronischen Nase

Elektronische Nasen sind Geräte für die instrumentelle Geruchsmessung. Anwendungsgebiete dafür findet man immer dann, wenn das Aroma bzw. die flüchtige Fraktion eines Produktes als Qualitätsparameter herangezogen werden soll. Als qualitatives Auswerteverfahren wurde die Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA) gewählt. Idealerweise würde sich damit eine Bildung getrennter Cluster darstellen lassen, die verschiedene Produktionsmethoden oder lagerzeitabhängige Veränderungen widerspiegeln.

Abbildungen 12 a-d: Lagerung von Räucherforellen bei 2- 4 °C: Darstellung der Ergebnisse für die Bestimmungen mit der sensorischen Nase (Modellversuch);PCA der Messwerte.

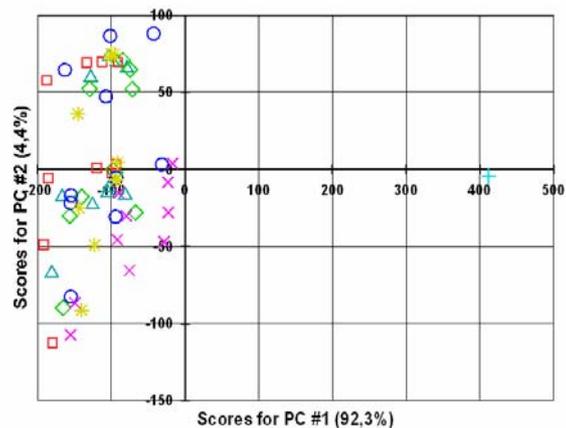
#### 10a) konventionelle Räucherforellen

Lagertage: 2(×) 6(\* ) 8(O) 10(□) 13(◇)



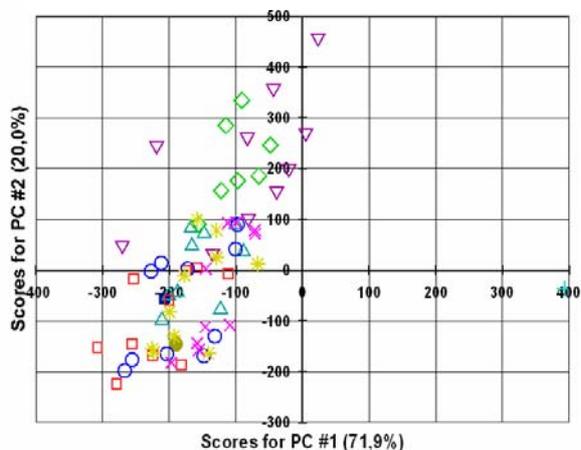
#### 10b) ökologische Räucherforellen

Lagertage: 2(×) 6(\* ) 8(O) 10(□) 13(◇) 15(Δ)



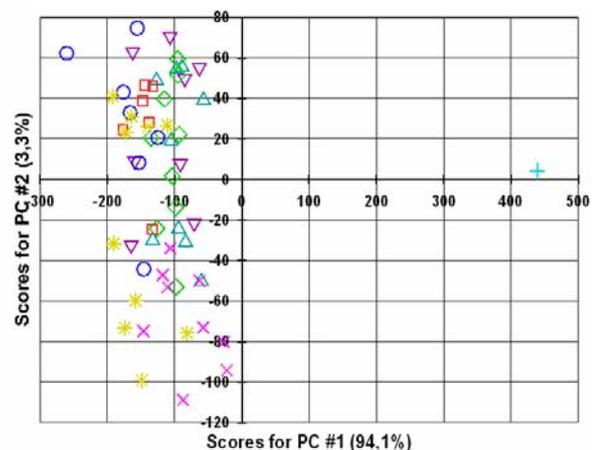
#### 10c) konventionelle Räucherforellen

Lagertage :2(×) 6(\* ) 8(O) 10(□) 15(◇)



#### 10d) ökologische Räucherforellen

Lagertage: 2(×) 6(\* ) 8(O) 10(□) 13(◇) 15(Δ)

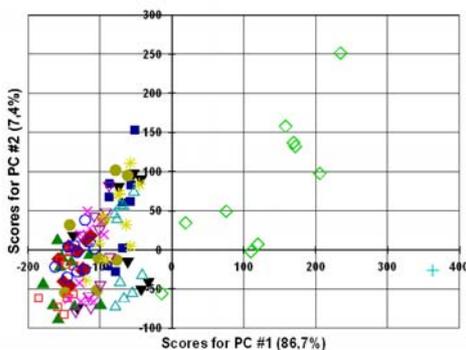


Die Abbildungen 12a-d zeigen jedoch ganz eindeutig, dass die Messwerte der Sensoren der für dieses Projekt eingesetzten elektronischen Nase keine Unterschiede erkennen ließen. Eine Mustererkennung war nicht möglich. Es konnten weder die unterschiedlichen Aufzuchtformen noch Veränderungen während der Lagerung unterschieden werden. Es ist davon auszugehen, dass die Hauptkomponenten des Raucharomas insgesamt so dominant waren, dass sich die mit abnehmender Frische der Ware sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen nicht nachweisen ließen.

### ***Konventionelle und ökologisch erzeugte Handelsware***

Abbildung 13: Darstellung der Ergebnisse für die Bestimmungen mit der sensorischen Nase PCA der Messwerte)

Lagertage: Ganzfisch 5 (▼) 11(▽)14(●)18 (◆) 21(▲)  
Filet 10(×) 13(✱) 14(△) 17(O) 20(□) 24 (◇)



Die Untersuchung der Handelsproben bestätigte die Erkenntnisse aus dem Modellversuch. Stellvertretend ist die graphische Darstellung des Lagerversuchs für ökologische erzeugte ganze Forellen und Forellenfilets (beide vakuumverpackt) dargestellt (Abb. 13).

Dass sich am Lagertag 24 die Messwerte der Filets von den vorangehenden unterschieden, muss zwar festgestellt werden, ändert aber nichts an der grundsätzlichen Aussage, dass die elektronische Nase nicht zur Qualitätsbeurteilung geeignet war.

### **6.2.2.9 Redoxpotential und Glutathiongehalte**

Als Qualitätsmerkmal eines Lebensmittels wird sein antioxidatives Potential angesehen, d.h. seine Fähigkeit, Elektronen im Körper abzugeben, um zum Beispiel freie Radikale unschädlich zu machen. Die Menge an freien verfügbaren Elektronen lässt sich über den Summenparameter Redoxpotential bestimmen. Je niedriger der gemessene Wert für das Redoxpotential ist, desto reicher ist das Lebensmittel an Elektronen und desto höher ist somit seine antioxidative Kraft. Das Redoxpotential von Forellenfilets hängt u.a. vom Sauerstoff- und Glutathiongehalt ab.

### ***Konventionell erzeugte geräucherte Forellen des Modellversuchs***

Die Werte der Sauerstoffgehalte und der Redoxpotentialmessung sind in Tabelle 16 zusammengefasst. Während der Lagerung der geräucherten konventionell erzeugten Forellen änderte sich das Redoxpotential kaum; die Begasung der Extrakte mit Stickstoff zeigte, dass es wesentlich durch den im Extrakt gelösten Sauerstoff mitbestimmt wurde.

In den vakuumverpackten Filets lag das Redoxpotential deutlich niedriger als in den Räucherfischen, wobei große Unterschiede zwischen den einzelnen Packungen gemessen wurden.

Tabelle 16: Sauerstoffgehalt und Redoxpotential des Muskelpresssaftes konventionell erzeugter Forellen

Probe	Redoxpotential (mVolt)	Redoxpotential N <sub>2</sub> (mVolt)	Sauerstoffgehalt (% Sättigung)	Sauerstoffgehalt N <sub>2</sub> (% Sättigung)
<b>Rohe Forellen</b>				
T0-1	108	88	40	29
T0-2	143	95	58	15
T0-3	140	58	56	8
<b>Geräucherte Forellen</b>				
K-RG-T2-1	124	95	62	30
K-RG-T2-2	143	98	58	30
K-RG-T2-4	103	76	24	14
K-RG-T6-1	106	29	52	24
K-RG-T6-4	114	96	64	15
K-RG-T8-1	137	74	59	24
K-RG-T8-4	124	69	42	14
K-RG-T13-1	146	69	67	10
K-RG-T13-4	108	54	68	10
K-RG-T15-1	144	121	71	25
K-RG-T15-4	141	60	68	Nicht bestimmt
<b>Geräucherte Filets</b>				
K-RFi-T2-1	-9	-36	13	6
K-RFi-T2-2	81	3	7	10
K-RFi-T6-1	64	-11	50	8
K-RFi-T6-2	70	46	40	12
K-RFi-T13-1	109	5	27	11
K-RFi-T13-2	62	-13	11	7
K-RFi-T19-1	118	18	64	9
K-RFi-T19-2	-9	-29	3	1
K-RFi-T21-1	69	33	12	4
K-RFi-T21-4	31	-16	32	6

### ***Ökologisch erzeugte Forellen des Modellversuchs***

Die Werte der Sauerstoffgehalte und der Redoxpotentialmessung sind in Tabelle 17 zusammengefasst. Während der Lagerung der geräucherten ökologisch erzeugten Forellen und Filets änderte sich das Redoxpotential kaum, die Werte streuten allerdings beträchtlich. Die Begasung der Extrakte mit Stickstoff zeigte erneut, dass das Redoxpotential wesentlich durch den im Extrakt gelösten Sauerstoff mitbestimmt wurde.

In den vakuumverpackten Filets lag das Redoxpotential kaum niedriger als in den offen gelagerten ganzen Räucherfischen.

Tabelle 17: Sauerstoffgehalt und Redoxpotential des Muskelpresssaftes geräucherter Öko-Forellen

Probe	Redoxpotential (mVolt)	Redoxpotential N <sub>2</sub> (mVolt)	Sauerstoffgehalt (% Sättigung)	Sauerstoffgehalt N <sub>2</sub> (% Sättigung)
<b>Geräucherte Forellen</b>				
Ö-RG-T2-1	122	105	59	16
Ö-RG-T2-4	136	90	62	28
Ö-RG-T8-1	121	-9	76	8
Ö-RG-T8-4	96	25	70	14
Ö-RG-T10-4	104	42	68	4
Ö-RG-T13-1	157	31	66	13
Ö-RG-T13-4	129	45	64	13
Ö-RG-T15-1	113	Nicht bestimmt	64	Nicht bestimmt
Ö-RG-T15-4	81	Nicht bestimmt	70	Nicht bestimmt
<b>Geräucherte Filets</b>				
Ö-RFi-T2-1	103	63	62	22
Ö-RFi-T2-2	129	68	67	28
Ö-RFi-T6-1	115	27	69	10
Ö-RFi-T6-2	143	41	70	8
Ö-RFi-T8-1	85	Nicht bestimmt	70	Nicht bestimmt
Ö-RFi-T8-2	134	32	73	4
Ö-RFi-T16-1	94	35	67	17
Ö-RFi-T16-2	86	32	70	8
Ö-RFi-T19-1	114	44	71	14
Ö-RFi-T19-2	104	26	70	14
Ö-RFi-T21-1	105	25	63	15
Ö-RFi-T21-4	81	26	63	19

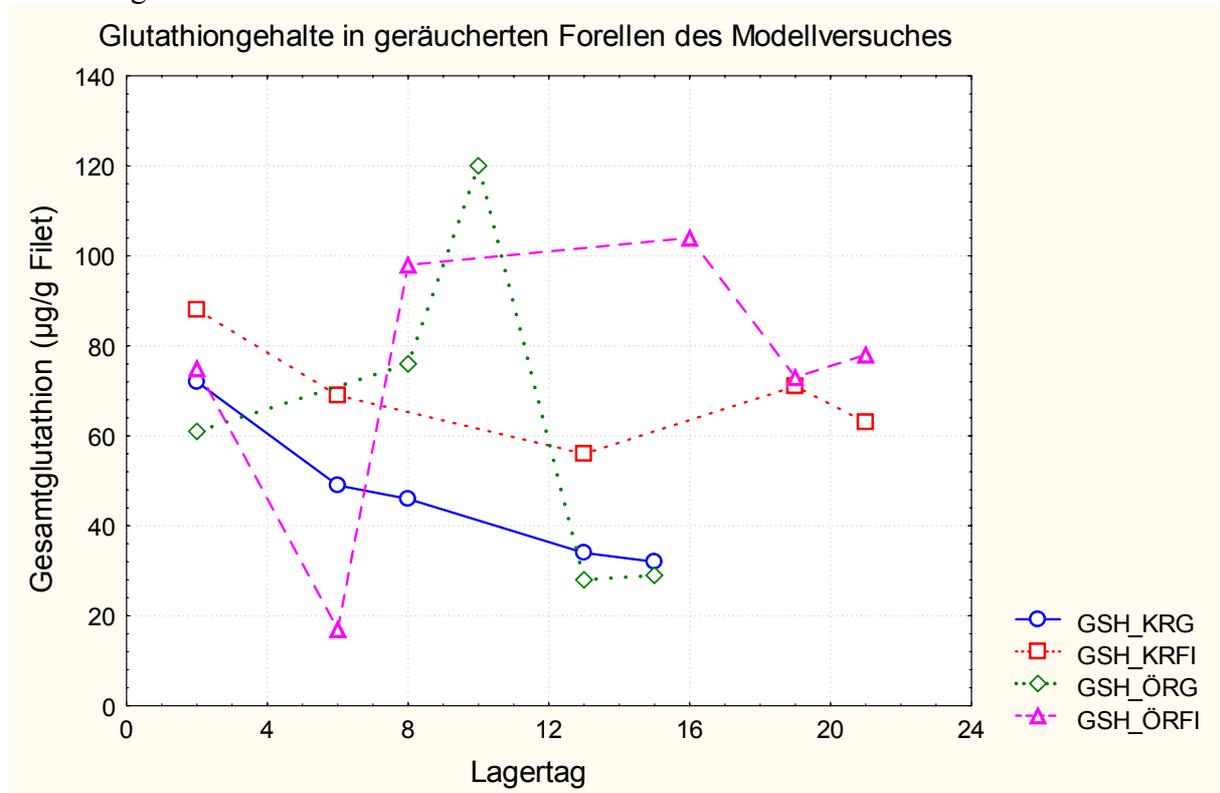
### Glutathion

Glutathion ist eines der wichtigsten Antioxidantien in biologischen Systemen. Es ist in pflanzlichen und tierischen Zellen enthalten. Glutathion ist ein aus 3 Aminosäuren bestehendes Peptid. Glutathion und die beiden ebenfalls in frischem Fischgewebe vorkommenden Dipeptide Anserin und Carnosin verhindern die Fettoxidation durch Inaktivierung freier Radikale. Alle drei Verbindungen sind unempfindlich gegenüber Wärme, nehmen aber bei der Lagerung von Fisch rasch ab. Bei den reversiblen Redoxreaktionen steht das aktive, reduzierte Glutathion (GSH) mit dem oxidierten Glutathion-Dimer (GSSG) im Gleichgewicht.

### Geräucherte Forellen des Modellversuchs

Die Werte der Glutathionbestimmung in den geräucherten Forellen des Modellversuchs sind in der Abb. 14 zusammengefasst.

Abbildung 14



GSH = Gesamtglutathion, K = konventionell, Ö = ökologisch  
RG = geräucherte ganze Fische, RFI = geräucherte Filets

Der enzymatisch ermittelte Gesamtglutathiongehalt der konventionell erzeugten Räucherforellen nahm bei der Lagerung ab, in den Filets änderte er sich kaum. Ihre Gehalte lagen unter den in frischen, rohen Forellen gefundenen Gehalten von 109 µg/ g Filet. Während des Räucherns scheint somit ein Teil des Glutathions zerstört worden zu sein.

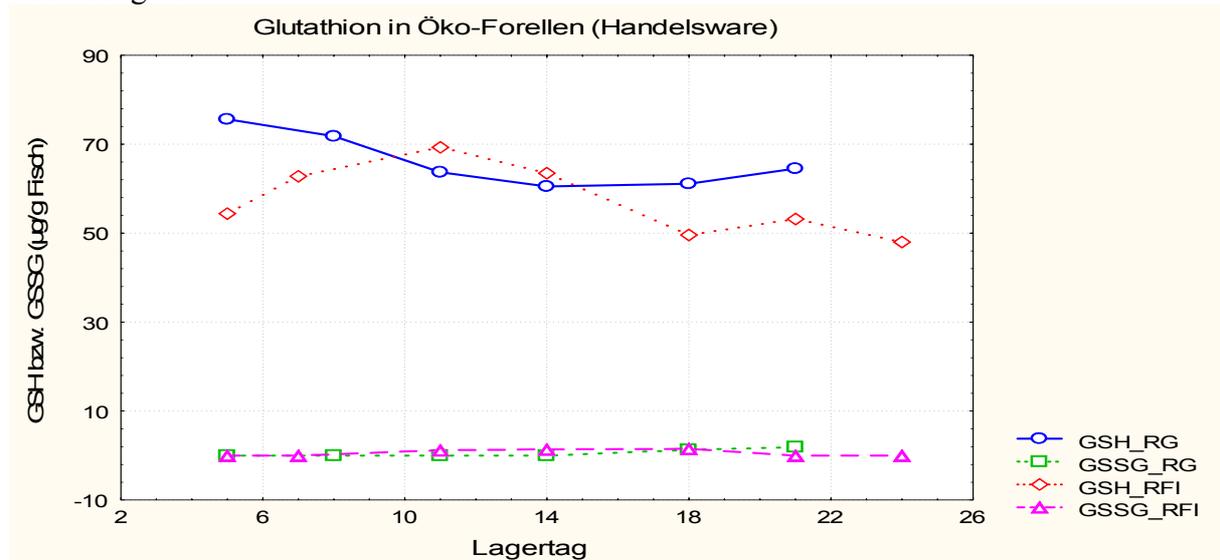
In den geräucherten Ökoforellen nahm der Glutathiongehalt bei der Lagerung tendenziell ab, in den Filets änderte er sich kaum.

Bei konventionell und ökologisch erzeugten Forellen lagen die Glutathionwerte im gleichen Konzentrationsbereich.

### Ökologisch erzeugte Handelsware

Die mittels HPLC ermittelten Glutathiongehalte der ökologisch erzeugten Handelsware sind in der nachfolgenden Abbildung 15 zusammengefasst.

Abbildung 15:



GSH = red. Glutathion, GSSG = ox. Glutathion,  
 RG = geräucherte ganze Fische, Rfi = geräucherte Filets mit Haut

Während der Lagerung der kommerziellen geräucherten Öko-Forellen nahmen die GSH-Gehalte sowohl in den ganzen Tieren als auch in den Filets tendenziell ab, während die nur sehr geringen GSSG-Gehalte nahezu konstant blieben (überwiegend im Spurenbereich <1 µg/g Fisch). Der Gehalt an Glutathion lässt keinen Rückschluss auf die Frische eines Fisches zu.

► Weder das Redoxpotential noch der Glutathiongehalt lassen einen Rückschluss auf die Aufzuchtform oder die Frische der untersuchten Forellen zu.

### 6.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse von Kapitel 6.2.2

Mit durchschnittlichen Fettgehalten von 6,0 % gegenüber 4,5 % waren die geräucherten konventionell erzeugten Forellen des Modellversuchs deutlicher fetter als die ökologischen. Bei den Handelsproben lagen sie zwischen 6 und 9 %, unabhängig, ob konventionell oder ökologisch produziert wurde. Die Salzgehalte hingen von den individuellen Salzungsbedingungen bei der Verarbeitung ab und bewegten sich in einem üblichen Bereich zwischen 0,8 und 1,6 %.

Die Gehalte an flüchtigen stickstoffhaltigen Basen (TVB-N) lagen sich zwischen 17,2 und 22,5 mg /100 g und eigneten sich nicht für den Nachweis möglicher Qualitätsveränderungen. Die Werte für Dimethylamin und Trimethylamin lagen durchweg unter der Nachweisgrenze

Die Fettsäurezusammensetzung (es wurden alle relevanten Fettsäuren zwischen C:14 und C:22 bestimmt) unterschied sich trotz der verschiedenartigen Futtermittel (verschiedene Hersteller konventionell/ökologisch) aus ernährungsphysiologischer Sicht nur unbedeutend. Die Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren veränderten sich nicht mit der Lagerung.

Veränderungen des Fettes konnten nicht festgestellt werden. Die Peroxidzahl lag während des gesamten Untersuchungszeitraumes nur knapp über dem Blindwert, d. h. es wurde keine Bildung von Peroxiden nachgewiesen. Auch die Bestimmung von Malondialdehyd, das

häufig als Indikator für eine Fettoxidation herangezogen wird, unterlag keinen systematischen Veränderungen und besaß keine Aussagekraft.

Das Redoxpotential veränderte sich während der Lagerung kaum und wurde im Wesentlichen durch den im Probenextrakt gelösten Sauerstoff bestimmt. Grundsätzliche Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Ware wurden nicht festgestellt.

Der Gehalt an dem Antioxidans Glutathion ließ weder einen Rückschluss auf die Frische der Räucherfische noch auf die Aufzuchtform zu.

Die sensorische Qualität war gut. Die Bewertung von Geruch, Geschmack und Konsistenz während der Lagerversuche ergab, dass es keine statistisch abzusichernden Unterschiede zwischen konventionellen und ökologisch erzeugten Räucherforellen gab. Die Qualität der Proben nahm kontinuierlich ab, war jedoch am Ende der Verkostungsreihen durchaus noch als durchschnittlich zu bezeichnen und keinesfalls verdorben.

Dies galt auch für die mikrobiologische Qualität, die in keinem Fall Anlass zu Beanstandungen gab.

Physikalische Methoden (elektronische Nase, Farbmessung) besaßen keine Aussagekraft.

## **7. ERHITZUNGSTEMPERATUR GERÄUCHERTER FORELLEN**

Während des Projektes wurde eine proteanalytische Methode zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur von geräucherten Forellen entwickelt und durch 2 Räucherversuche mit bekanntem Temperaturregime validiert.

### **7.1 Proteinanalytische Methoden zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur**

#### **7.1.1 Isoelektrische Fokussierung (IEF) und Coretti-Test**

##### ***Konventionell erzeugte Forellen (Modellversuch)***

Salzgehalt und pH-Wert können die Löslichkeit sarkoplasmatischer Proteine beeinflussen und somit auch das Proteinstreifenmuster der IEF und den Flockungstest.

Der aus rohen Forellen gewonnene Presssaft lieferte Basisdaten für die Untersuchung geräucherter Forellen. Tabelle 18 zeigt beim Vergleich roher und geräucherter Forellen die deutliche Erhöhung der Osmolarität durch die Salzung, 200 mOsmol entsprechen etwa 0,6 % NaCl (G/V) im Gewebewasser.

Der Proteingehalt des Presssaftes geräucherter Forellen variierte beträchtlich. Die Probe K-RG-T2-4 (konventionelle ganze Räucherforelle, Lagertag 2) wurde offenbar thermisch mehr belastet als die beiden anderen Proben, bei denen die Räuchertemperatur 55 °C nicht überschritten haben dürfte (siehe auch Abbildung 16, Probe T0-4).

Die Proteinstreifenmuster der auf verschiedene Temperaturen erhitzten Extrakte verändern sich mit zunehmender thermischer Belastung, so dass eine Differenzierung im Bereich von 55 bis 65 °C in weiteren Versuchen näher untersucht wurde (Abbildungen 16, 17).

Tabelle 18: Vergleich von Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt im Presssaft roher und geräucherter Forellen. Die Ausbeute an Presssaft betrug 7,3 % für die geräucherten Forellen. Zur Analyse wurde der Presssaft 1+1 mit dest. Wasser verdünnt (=Rohextrakt).

Probe	Osmolarität (mOsmol)	pH-Wert	Proteingehalt (mg/ml Presssaft)
<b>Rohe Forelle</b>	342	6,27	99,2
<b>Geräucherte Forellen</b>			
K-RG-T2-1	540	6,14	33,2
K-RG-T2-2	570	6,19	32,8
K-RG-T2-4	558	6,37	19,8
Rohextrakt: 50 °C*			32,8
Rohextrakt: 55°C			25,2
Rohextrakt: 60 °C			15,6
Rohextrakt: 65 °C			13,0
Rohextrakt: 70 °C			11,0

\*: Rohextrakt: Presssaft aus roher Forelle, 1+1 mit dest. Wasser verdünnt.

Abbildung 16: IEF konventionell erzeugter roher und geräucherter Forellen.

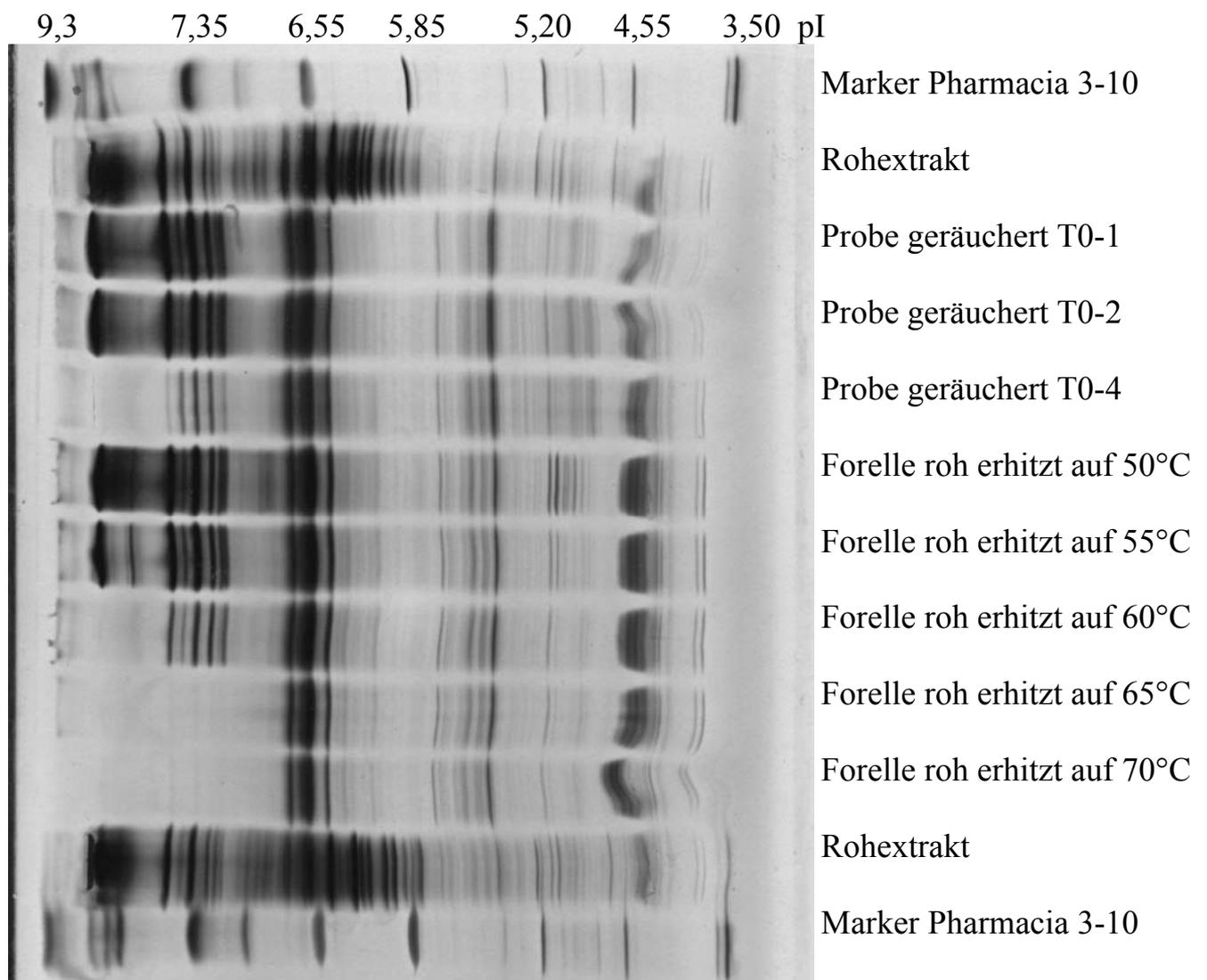
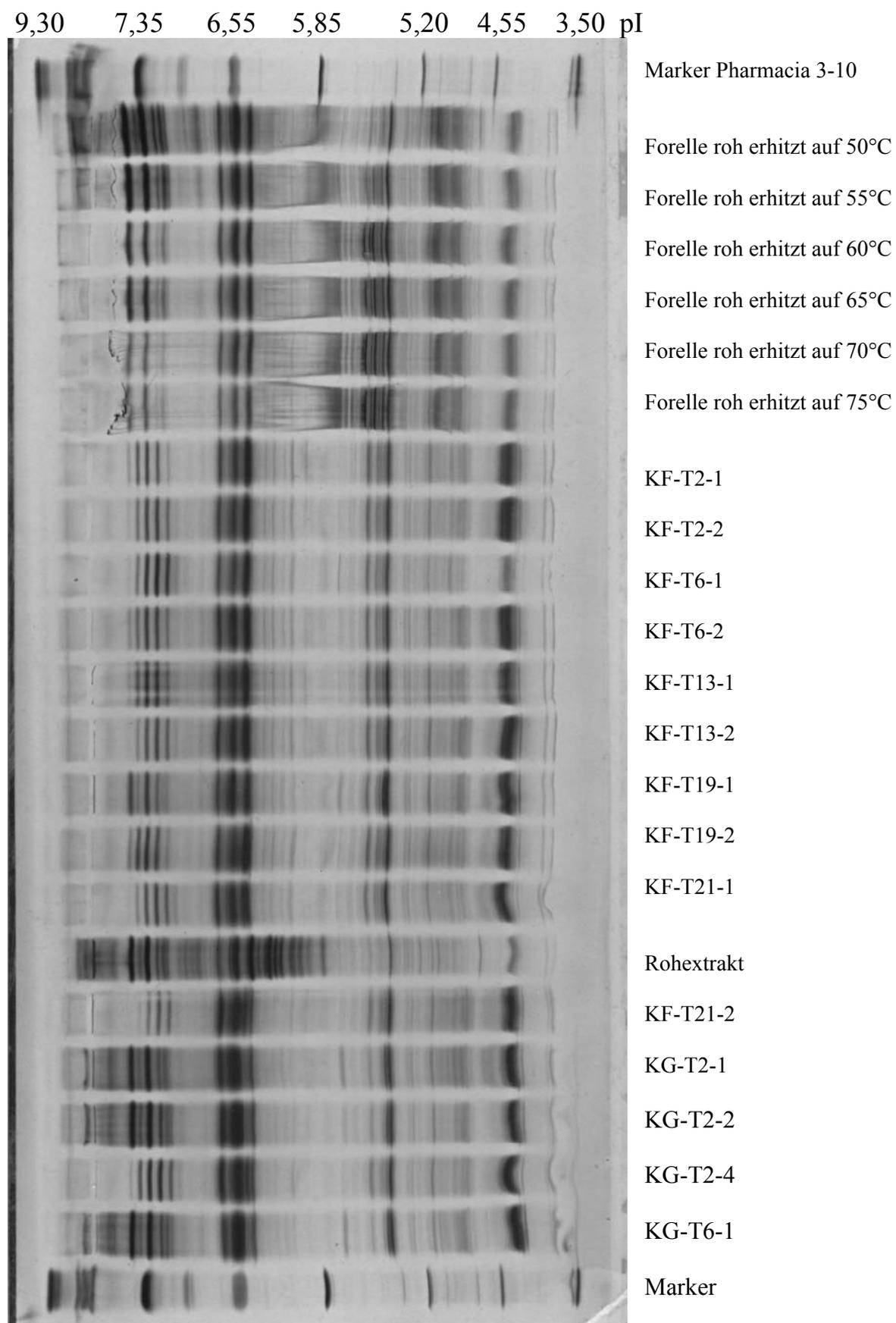


Abbildung 17: IEF konventionell erzeugter roher und geräucherter Forellen (Modellversuch/Lagerung)



Die Abbildung 17 verdeutlicht, dass die temperaturbedingten Unterschiede des Proteinmusters im Falle der erhitzten Rohextrakte nicht so deutlich wie in Abbildung 16 ausfielen. Diese Diskrepanz könnte durch unterschiedliche Gel-Chargen bedingt sein, oder durch Variationen beim Erhitzen der Rohextrakte hervorgerufen worden sein.

### **Coretti-Test**

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen für die Proteingehalte in den Presssäften (Tabelle 18) ergaben die Untersuchungen mit isoelektrischer Fokussierung und Coretti-Test, dass die erreichten Kerntemperaturen in den Forellen des Modellversuchs offensichtlich unterschiedlich hoch waren.

Der Coretti-Test mit den in Abbildung 16 dargestellten konventionell erzeugten Proben ergab, dass die Proben T0-K-1 und 2 (im Räucherofen hängend) bei der Räucherung Temperaturen von weniger als 60 °C erfahren hatten, während die Probe 4, die liegend geräuchert wurde, über 60 °C erhitzt worden war.

### ***Ökologisch erzeugte Forellen (Modellversuch)***

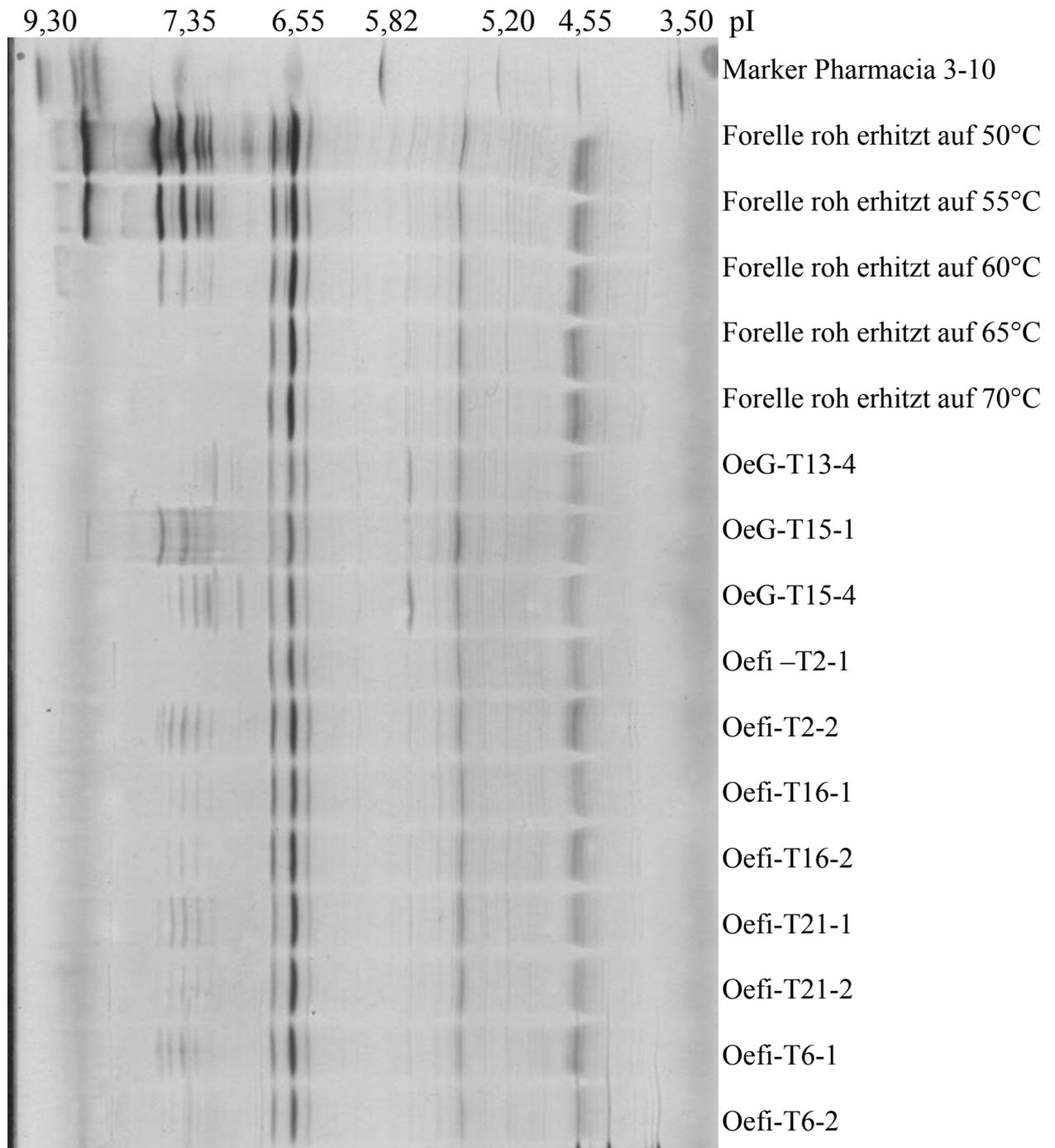
Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt der wieder vergleichsweise untersuchten Extrakte aus rohen Forellen stimmten mit den Daten der vorherigen Versuchsreihe gut überein. (Tabelle 19). Die Osmolarität der Extrakte aus den geräucherten Öko-Forellen lag allerdings mit ~ 800 mOsmol deutlich höher; 800 mOsmol entsprechen etwa 1,35 % NaCl im Gewebewasser.

Tabelle 19: Vergleich von Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt im Presssaft roher und geräucherter Öko-Forellen.

<b>Probe</b>	<b>Osmolarität (mOsmol)</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>Proteingehalt (mg/ml)</b>
<b>Rohe Forelle</b>	342	6,24	94,8
<b>Geräucherte Forellen</b>			
Ö-RG-T2-1	724	6,24	25,6
Ö-RG-T2-2	954	6,26	24,4
Ö-RG-T2-4	734	6,23	20,4
Rohextrakt: 50 °C*			30,8
Rohextrakt: 55°C			23,8
Rohextrakt: 60 °C			13,7
Rohextrakt: 65 °C			13,2
Rohextrakt: 70 °C			12,0

Die Abbildung 18 und der Coretti-Test ergaben, dass alle geräucherten Öko-Forellen mindestens eine Temperatur von 60 °C erfahren hatten.

Abbildung 18: IEF roher und geräucherter Öko-Forellen (Lagerversuch)



## 7.2. Validierung der proteinanalytischen Methoden zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur

Probenmaterial: Für die Untersuchungen wurden Forellen in einem elektrischen Räucherofen auf einer Ebene hängend geräuchert. Es wurde die Kerntemperatur gemessen. Jeweils 5 Fische wurden beim Erreichen von 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C und 70 °C entnommen.

Wässriger Extrakt aus dem Filet geräucherter Forellen wurde mit dem Flockungstest und der IEF untersucht. Zusätzlich wurden Osmolarität (als Maß für den Salzgehalt), pH-Wert und Proteingehalt der Extrakte ermittelt, um die Daten des Flockungstests und der IEF einordnen zu können. Die Ergebnisse des ersten Räucherversuches sind in Tabelle 20 dargestellt, die Resultate des zweiten Versuches in Tabelle 21.

Tabelle 20: Flockungstest (1. Räucherversuch)

Probe (No) Temperatur (°C)	Wasserbad: 55 °C	Wasserbad: 60 °C	Wasserbad: 65 °C
<b>Geräucherte Forellen</b>			
26	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
27	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
28	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
31	Trübung	Fällung	Ausgeflockt
32	Trübung	Fällung	Ausgeflockt
33	Fällung	Fällung	Ausgeflockt
36	Trübung	Fällung	Ausgeflockt
37	Trübung	Fällung	Ausgeflockt
38	Fällung	Fällung	Ausgeflockt
41	Schwache Trübung	Schwache Trübung	Trübung
42	Schwache Trübung	Trübung	Trübung
43	Schwache Trübung	Trübung	Trübung
47	*	Schwache Trübung	Trübung
48	*	Trübung	Trübung
49	*	Trübung	Trübung

\*: keine Trübung, Fällung oder Flockung

Tabelle 21: Flockungstest (2. Räucherversuch)

Probe (No) Temperatur (°C)	Wasserbad: 55 °C	Wasserbad: 60 °C	Wasserbad: 65 °C
<b>Geräucherte Forellen</b>			
126	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
127	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
128	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
131	Trübung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
132	Trübung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
133	Trübung	Fällung	Ausgeflockt
136	Schwache Trübung	Trübung	Trübung
137	Schwache Trübung	Trübung	Trübung
138	Schwache Trübung	Trübung	Trübung
141	*	Trübung	Trübung
142	*	Trübung	Trübung
143	*	Trübung	Trübung
146	*	Trübung	Trübung
147	*	Trübung	Trübung
148	*	Trübung	Trübung

\*: keine Trübung, Fällung oder Flockung

Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen waren nicht einheitlich, wie der Vergleich von Tabelle 20 und 21 verdeutlicht. Das für die lebensmittelrechtliche Beurteilung der Räuchertemperatur relevante Fazit lautet, dass man von einer Räuchertemperatur unter 60 °C ausgehen kann, wenn beim Erhitzungstest im Wasserbad bei 55 °C eine Fällung oder Flockung beobachtet wird.

Die IEF erlaubte bei der ersten Versuchsreihe eine Differenzierung zwischen 55 und 60 °C, da bei Temperaturen über 55 °C die kathodischen Proteinbanden vollständig verschwunden waren (Anlage 3, Abbildung 19 und 20). Bei der zweiten Versuchsreihe lag der Differenzierungsbereich zwischen 50 und 55 °C (Anlage 3, Abbildung 21 und 22). Die Unterschiede könnten durch Abweichungen im Erhitzungsverlauf bedingt sein, da auch der Flockungstest ergab, dass die tatsächliche thermische Belastung der Forellen im zweiten Räucherversuch größer war als im ersten Experiment.

Tabelle 22: Vergleich von Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt im Extrakt von Forellen, die bei verschiedenen Temperaturen geräuchert wurden (1. Versuchsreihe). Für jede Probe (Forelle) sind die Mittelwerte aus der Untersuchung des rechten und linken Filets angegeben.

Probe (No) Temperatur (°C)	Osmolarität (mOsmol)	pH-Wert	Proteingehalt (mg/ml)
<b>Rohe Forellen</b>			
21	156	6,54	19,4
22	156	6,59	16,6
23	158	6,61	19,6
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>157 (1 %)</b>	<b>6,58 (0,5%)</b>	<b>18,6 (9 %)</b>
<b>Rohe Forellen, erhitzte Extrakte</b>			
45 °C			16,3
50 °C			11,5
55 °C			7,9
60 °C			4,0
65 °C			3,5
70 °C			3,5
<b>Geräucherte Forellen</b>			
26	367	6,50	12,8
27 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">50 °C</span>	357	6,53	16,8
28	321	6,51	18,3
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>348 (7 %)</b>	<b>6,51 (0,2 %)</b>	<b>16,0 (18 %)</b>
31	307	6,53	13,8
32 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">55 °C</span>	354	6,57	11,8
33	344	6,52	14,3
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>335 (7 %)</b>	<b>6,54 (0,4 %)</b>	<b>13,3 (10 %)</b>
36	341	6,57	10,8
37 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60 °C</span>	351	6,62	10,5
38	314	6,58	10,5
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>335 (6 %)</b>	<b>6,59 (0,4 %)</b>	<b>10,6 (2 %)</b>
41	346	6,63	Nicht bestimmt
42 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">65 °C</span>	305	6,58	9,6
43	316	6,60	8,1
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>322 (7 %)</b>	<b>6,60 (0,4 %)</b>	<b>8,9</b>
47	369	6,60	7,1
48 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">70 °C</span>	343	6,60	7,3
49	351	6,55	11,3
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>354 (4 %)</b>	<b>6,58 (0,4 %)</b>	<b>8,6 (28 %)</b>

Die Kennwerte der Extrakte, Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt, waren bei beiden Versuchsreihen weitgehend einheitlich (Tabellen 22 und 23). Die Bestimmung des Proteingehaltes war allerdings durch eine starke Trübung zahlreicher Extrakte erschwert, sodass sie trotz Trübungskontrolle mit einem hohen Variationskoeffizienten behaftet war.

Tabelle 23: Vergleich von Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt im Extrakt von Forellen, die bei verschiedenen Temperaturen geräuchert wurden (2. Versuchsreihe). Für jede Probe (geräucherte Forellen) sind die Mittelwerte aus der Untersuchung des rechten und linken Filets angegeben.

Probe (No) Temperatur (°C)	Osmolarität (mOsmol)	pH-Wert	Proteingehalt (mg/ml)
<b>Rohe Forellen</b>			
602/15C	177	6,64	<b>25,2</b>
<b>Rohe Forellen, erhitzte Extrakte</b>			
45 °C	185	6,60	21,7
50 °C	173	6,63	16,6
55 °C	175	6,65	10,2
60 °C	176	6,65	4,3
65 °C	175	6,65	3,5
70 °C	175	Nicht bestimmt	2,9
<b>Geräucherte Forellen</b>			
126	354	6,62	13,9
127 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">50 °C</span>	337	6,63	10,3
128	333	6,65	12,0
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>341 (3 %)</b>	<b>6,63 (0,2 %)</b>	<b>12,1 (15 %)</b>
131	360	6,63	9,3
132 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">55 °C</span>	417	6,58	Nicht bestimmt
133	341	6,81	5,6
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>373 (11 %)</b>	<b>6,67 (2 %)</b>	<b>7,5</b>
136	355	6,68	10,8
137 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60 °C</span>	350	6,69	7,6
138	386	6,65	11,0
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>363 (5 %)</b>	<b>6,67 (0,3 %)</b>	<b>9,8 (20 %)</b>
141	341	6,66	7,9
142 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">65 °C</span>	357	6,61	5,3
143	358	6,56	7,3
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>352 (3 %)</b>	<b>6,61 (0,8 %)</b>	<b>6,8 (20 %)</b>
146	350	6,59	7,7
147 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">70 °C</span>	375	6,55	4,5
148	351	6,71	14,1
MW (+/- VK <sub>n-1</sub> )	<b>359 (4 %)</b>	<b>6,62 (1 %)</b>	<b>8,8 (55%)</b>

## 7.2 Bestimmung der Räuchertemperatur von geräucherten Forellen und Filets aus dem Handel

Die durch Analyse der im Forschungsbereich geräucherten Forellen validierten Methoden wurden eingesetzt, um die Räuchertemperatur von 17 Handelsproben nachträglich zu ermitteln. Die Ergebnisse sind den Tabellen 24 und 25 sowie der Abbildung 23 (Anlage 3) zu entnehmen. Während die Forellen vom Fischmarkt und Wochenmarkt mit einer Temperatur von weniger als 55 °C geräuchert worden waren, lag die Räuchertemperatur der Forellen und

Filets aus dem Biobetrieb (Proben aus dem Lagerversuch) deutlich über 60 °C. Trübungen im Flockungstest wurden erst nach längerer Lagerzeit der geräucherten Forellen beobachtet.

Auch die untersuchten vakuumverpackten Filets aus dem Handel waren offensichtlich bei Temperaturen über 60 °C geräuchert worden. Im Flockungstest wurden, mit Ausnahme der Probe 0806/08 bei 60 und 65 °C, keine Trübungen beobachtet; auch die IEF-Muster (Anlage 3, Abbildung 23) zeigen an, dass die Filets eine Temperatur von 60 °C oder höher erfahren hatten.

Tabelle 24: Flockungstest der Handelsproben

Probe, Herkunft, No.	Wasserbad: 55 °C	Wasserbad: 60 °C	Wasserbad: 65 °C
<b>Geräucherte Forellen</b>			
Fischmarkt Altona (0806/10)	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
Wochenmarkt Altona (0806/11)	Fällung	Ausgeflockt	Ausgeflockt
Biobetrieb, ökologische erzeugte Handelsware			
5. Lagertag No 1	*	*	*
5. Lagertag No 2	*	*	*
5. Lagertag No 3	*	*	*
11. Lagertag No 1	*	Trübung	Trübung
11. Lagertag No 2	Trübung	Trübung	Trübung
11. Lagertag No 3	Trübung	Trübung	Trübung
<b>Geräucherte Forellenfilets</b>			
Bio- Forellenfilets, vakuumverp. (0806/07)	*	*	*
Forellenfilets, vakuumverp. (0806/08)	*	Trübung	Trübung
Forellenfilets, vakuumverp. (0806/09)	*	*	*
Biobetrieb , ökologische erzeugte Handelsware			
5. Lagertag No 1	*	*	*
5. Lagertag No 2	*	*	*
5. Lagertag No 3	*	*	*
11. Lagertag No 1	*	*	*
11. Lagertag No 2	*	*	*
11. Lagertag No 3	Trübung	Trübung	Trübung

\* : keine Trübung, Fällung oder Flockung

► Aus den Ergebnissen der Validierungsversuche zur nachträglichen Bestimmung der Erhitzungstemperatur lässt sich folgendes Fazit ziehen:

Bei der Erhitzung von Fischmuskel-Rohextrakten im Wasserbad wurde bei der IEF ein temperaturabhängiges Verschwinden von Proteinbanden beobachtet. Die Thermostabilität der Proteine sank mit steigendem pI-Wert. Die weitgehende Abwesenheit von Proteinbanden mit pI-Werten von über 7 ist ein Indiz dafür, dass die geräucherten Forellen auf 65 °C oder höher erhitzt worden waren.

Die Ergebnisse des Coretti-Tests ergaben, dass man von einer Räuchertemperatur unter 55 °C ausgehen kann, wenn beim Erhitzungstest im Wasserbad bei 55 °C eine Fällung oder Flockung beobachtet wird. Durch Kombination beider Verfahren können also Räucherforellen, die ungenügend erhitzt worden waren, identifiziert werden.

Tabelle 25: Osmolarität, pH-Wert und Proteingehalt der Extrakte aus Handelsproben

Probe, Herkunft, No.	Osmolarität (mOsmol)	pH-Wert	Proteingehalt (mg/ml)
<b>Geräucherte Forellen</b>			
Fischmarkt Altona (0806/10)	405	6,55	17,4
Wochenmarkt Altona (0806/11)	293	6,54	15,9
Biobetrieb, ökologische erzeugte Handelsware			
5. Lagertag No 1	406	6,67	11,7
5. Lagertag No 2	517	6,57	12,1
5. Lagertag No 3	477	6,63	10,0
11. Lagertag No 1	416	6,73	11,5
11. Lagertag No 2	444	6,58	9,3
11. Lagertag No 3	400	6,62	9,2
<b>Geräucherte Forellenfilets</b>			
Bio- Forellenfilets, vakuumverp. (0806/07)	315	6,72	2,4
Forellenfilets, vakuumverp (0806/08)	316	6,75	8,9
Forellenfilets, vakuumverp. (0806/09)	672*	6,60	8,5
Biobetrieb, ökologische erzeugte Handelsware			
5. Lagertag No 1	393	6,56	10,0
5. Lagertag No 2	476	6,78	8,3
5. Lagertag No 3	435	6,65	3,0
11. Lagertag No 1	399	6,53	8,1
11. Lagertag No 2	411	6,53	12,4
11. Lagertag No 3	436	6,61	Nicht nachweisbar

\* : stark salziger Geschmack; Textur: trocken, zerfallend

## 8. PRAXISORIENTIERTE VERSUCHE ZUR VERARBEITUNG VON FORELLEN

Wie bereits erwähnt, waren die Kenntnisse in den Betrieben über den Salzungs- und Räucherprozess überwiegend sehr gering. Für die Sicherung einer möglichst optimalen und konstanten Produktqualität ist es jedoch von Bedeutung, die Wirkungen der verschiedenen Verarbeitungsparameter beurteilen zu können.

Wie viel Salz im Endprodukt bei den verschiedenen Salzungsverfahren der Betriebe enthalten ist, war in der Regel nur wäge bekannt. Basierend auf den Erkenntnissen der Befragung wurden daher Salzungsversuche durchgeführt, um die jeweiligen Rezepturen beurteilen zu

können. Die Ergebnisse sollen zu den praxisorientierten Informationen der Handlungsanweisung gehören.

Ebenso stellte sich heraus, dass Temperaturmessungen während des Räucherns in der Regel nicht durchgeführt werden, sondern dass überwiegend nach Erfahrung und Gefühl geräuchert wird. Das trifft vor allem für die kleinen Betriebe zu. Daher wurden zusätzliche Versuche geplant, die den Einfluss des Temperaturprogramms auf die erreichten Kerntemperaturen näher untersuchten. Grundlage waren wiederum die durch die Stuserhebung ermittelten Daten.

## 8.1 Salzen von Forellen vor der Räucherung

Das Salzen bei der Heißräucherung hat nur einen unerheblichen Einfluss auf die Haltbarkeit der Produkte. Ohne Nitritzusatz (in Deutschland verboten) muss ein Salzanteil von mindestens 3,5 % bezogen auf das Gewebewasser erreicht werden, um das Botulismus-Risiko zu minimieren. (36). Diese Gehalte werden von handelsüblichen Forellen in der Regel nicht erreicht, da sie vom Verbraucher als zu salzig empfunden werden.

Forellen werden üblicherweise nassgesalzen. Die Aufnahme des Salzes wird dabei sowohl von der Verarbeitungsmethode als auch von individuellen Eigenschaften der Rohware wie Größe, frisch/aufgetaut, Fettgehalt, Status der Totenstarre und in gewissem Umfang der Temperatur beeinflusst. Untersuchungen an Lachsen haben z. B. gezeigt, dass prä-rigor Filets von Lachsen nur 50-70% des Salzgehaltes einer Salzung nach der der Totenstarre haben (37).

Im Folgenden wird der Einfluss der Konzentration der Salzlake und der Salzungsdauer auf die Salzgehalte in den Produkten untersucht.

### *Salzgehalte in geräucherten Forellen in Abhängigkeit von den Salzungsbedingungen*

Folgende Parameter wurden untersucht:

- a) Konzentration des Garbades
- b) Verhältnis Lake: Fisch
- c) Verweilzeit der Forellen in der Lake
- d) Temperatur während des Lakens

#### Versuchsdurchführung:

Rohware: frische Forellen (ausgenommen m. Kopf), Temperatur 6 °C  
Durchschnittsgewicht 320 g (280 g-369 g)

Salzen: Ein Ansatz beim Salzen bestand aus 15 Fischen möglichst einheitlicher Größe (jeweils ca. 4500 g). Die Lake (10 °C) wurde entsprechend in der für die jeweilige Rezeptur benötigten Konzentration und Menge hergestellt (Einwaage Salz + Volumenmenge Wasser = Gewicht Lake). Das Verhältnis Fisch: Lake beschreibt das Gewichtverhältnis der beiden.

Beispiel: Verhältnis Fisch: Lake 1: 1,5, bei 30 kg Fisch und 7% Lake: 42 L Wasser + 3 kg Salz + 30 kg Fisch

Tabelle 26 gibt einen Überblick über die verschiedenen Versuchsbedingungen. Die Größe der Behältnisse zum Laken war so gewählt, dass die Forellen von der Flüssigkeit bedeckt wurden. Die Behälter standen über Nacht entweder im Verarbeitungs- oder im Kühlraum. Die gesalzenen Forellen wurden vor dem Räuchern gründlich abgespült.

Tabelle 26: Rezepturen der Salzungsversuche

Konzentration Lake (G/G)	Verhältnis Fisch : Lake (G/G)	Dauer des Lakens	Temperatur während des Lakens
5%	1:1	15 Std.	16-18 °C und 2 °C
6%	1:1	15 Std.	16-18 °C
7%	1:1	15 Std.	16-18 °C
8%	1:1	15 Std.	16-18 °C und 2 °C
10%	1:1	15 Std.	16-18 °C und 2 °C
24%	1:1 und 1:0,5 und 1:1,5	2 Std.	16-18 °C

Räuchern: Die Forellen wurden auf Spitten gehängt und nach einer Trocknung ohne Rauch bei etwa 30 – 35 °C (30 min) bis zu einer Kerntemperatur von 60 °C (Messfühler im Fisch) in einem elektrischen Räucherofen mit externer Raucherzeugung geräuchert.

### ***Ergebnisse der Salz-, Wasser- und Mineralstoffbestimmungen***

Erwartungsgemäß stiegen die Salzgehalte mit zunehmender Konzentration der Lake (Abb. 24). Sie erreichten etwa 35- 40 % des theoretischen Niveaus, das bei einem absoluten Ausgleich erreicht werden würde. Als Folge der Konzentrationsunterschiede zwischen Muskelfleisch und Lake tritt Gewebewasser in die Lake über. Mit höheren Salzgehalten der Lake nimmt der Wassergehalt der Fische stärker ab und das Fleisch wird fester. Entsprechend stiegen auch die Mineralstoffgehalte (nicht dargestellt).

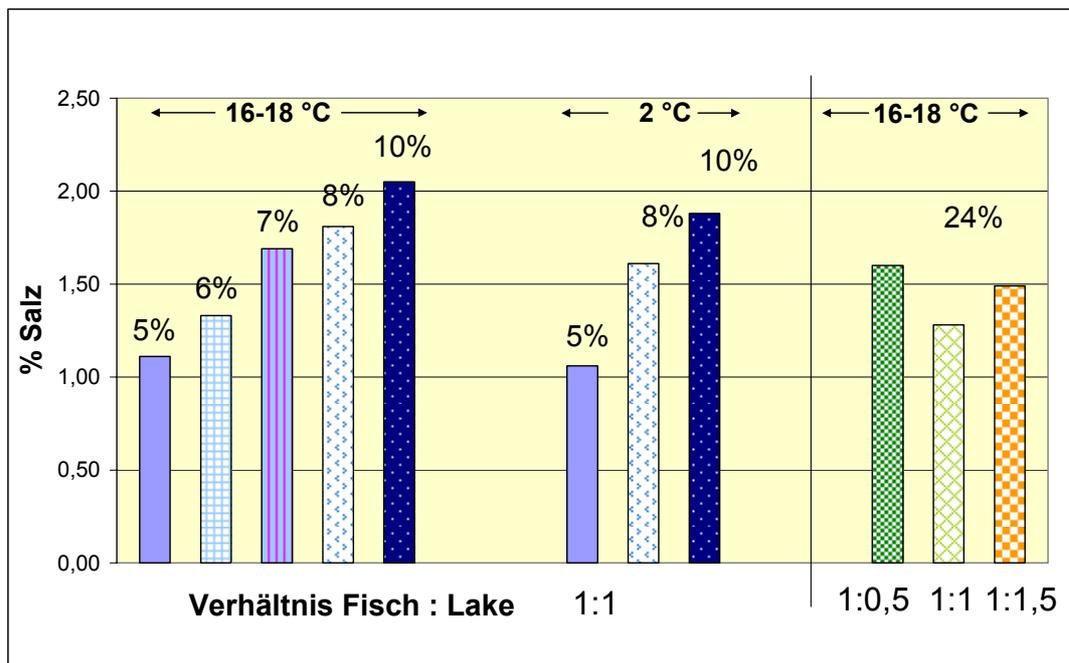
Niedrigere Temperaturen bewirkten eine geringere Salzaufnahme, die jedoch unter praxisbezogenen Gesichtspunkten nicht gravierend ist.

Mit gesättigter Lake (24 %) erreichte man nach 2 Stunden einen Salzgehalt, der im Bereich der 6 bis 7 %igen Laken (Fisch : Lake 1:1) liegt. Die Höhe scheint in dieser relativ kurzen Zeitspanne nicht wesentlich von dem Verhältnis Fisch : Lake beeinflusst zu werden. Es fiel allerdings auf, dass bei den hier beschriebenen Versuchen die Schwankung des Salzgehaltes in den einzelnen Fischen für diese Art der Salzung höher war.

Neben den rohwarenbedingten Unterschieden bei der Salzaufnahme können auch äußere Gegebenheiten zu Unterschieden führen: Theoretisch diffundiert das Zellwasser des eingelegten Fisches während des Lakens so lange aus den Zellen heraus bis die Salzkonzentration in den Zellen die gleiche ist, wie die der Lake. Um leicht gesalzene Produkte zu erhalten, muss dieser Vorgang abgebrochen werden. In der Regel wird „über Nacht“ eingelegt, weil es gut zu den Verarbeitungsabläufen passt. Die Bottiche werden nicht bewegt, so dass sich ein Verdünnungsgradient aufbauen kann, oben ist der Salzgehalt niedriger als unten. Des Weiteren kann das Eindringen des Salzes beeinträchtigt werden, wenn die Forellen zu fest zusammen liegen. Bei höheren Salzkonzentrationen und kurzer Verweildauer ist es besonders wichtig, dass die Fische überall mit der Lake in Berührung kommen. Eine ungleichmäßige Durchmischung kann daher auch durch zu wenig Lake

bedingt sein. Geringe Schwankungen in der Salzintensität sind jedoch bei der Herstellung nicht völlig zu vermeiden.

Abbildung 24: Salzgehalte in Räucherforellen bei verschiedenen Salzungsbedingungen



Ein Beispiel wie groß die Schwankungsbreite in der Praxis innerhalb einer Charge sein kann, zeigt die Untersuchung von geräucherten Forellen aus zwei Betrieben (Tabelle 27). Obwohl die Rohware in Größe und Zusammensetzung vergleichbar war, war die Spanne der Salzgehalte sehr unterschiedlich. Käufer von Forellen des Betriebes A können auf eine gleich bleibende Qualität bezogen auf die Salzigkeit vertrauen, während sie bei Betrieb B deutlich schwankt.

Tabelle 27 : Salzgehalte in Räucherforellen aus zwei verschiedenen Betrieben

5 Räucherforellen	Fett %	Wasser %	Salz %	Salzungsbedingungen
Betrieb A	6,5	70,8	0,8	5-6 % Salz 1 : 1 (Fisch : Lake) über Nacht
Min	4,6	69,4	0,8	
Max	7,8	72,8	0,9	
Betrieb B	6,0	68,7	1,2	10 % Salz 1 : 0,5 (Fisch : Lake) über Nacht
Min	4,9	66,8	0,7	
Max	7,0	71,0	1,7	

### Sensorische Beurteilung der geräucherten Forellen

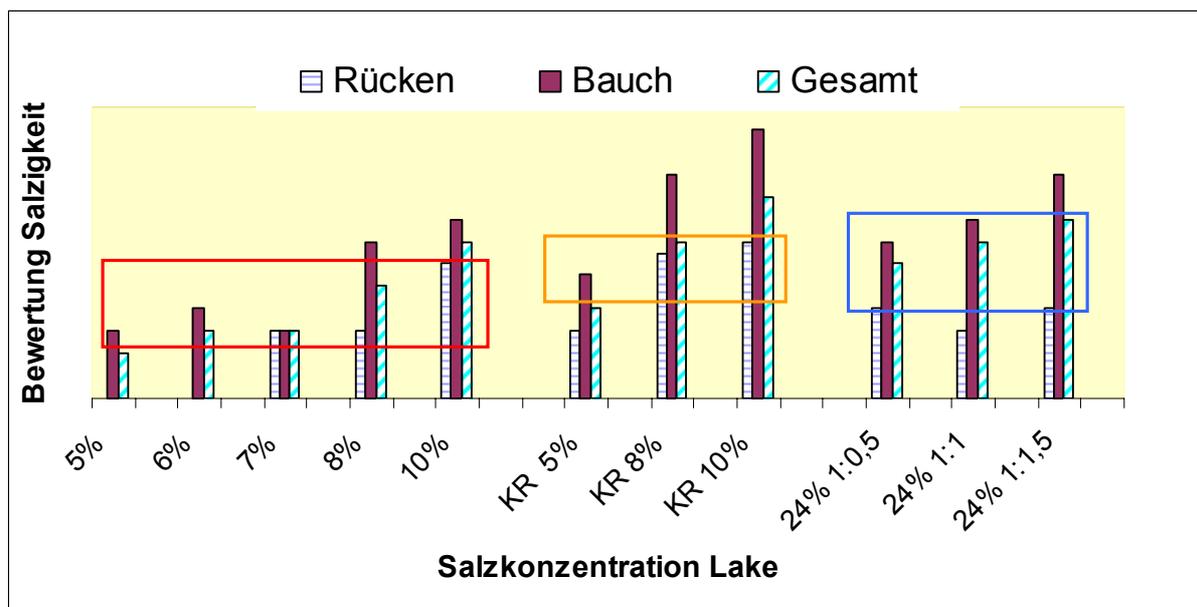
Die wie oben beschrieben unterschiedlich gesalzenen Forellen wurden gemeinsam geräuchert und am nächsten Tag von fünf erfahrenen Prüfern im Hinblick auf die Salzigkeit des Bauch-

und des Rückenbereichs sowie auf den Gesamteindruck bewertet. Zur Verfügung standen die Kategorien: „zu wenig Salz“- „Salz im Erwartungsbereich“- „zu salzig“. In Abbildung 25 sind die Bereiche in der Darstellung markiert, die von der Mehrheit der Prüfer als „im Erwartungsbereich“ akzeptiert wurden.

### Gesamteindruck

5 % Salzung mit einem Fisch: Lake-Verhältnis von 1:1 wurde in diesem Versuch von den Prüfern mehrheitlich als zu mild bezeichnet, dieses Urteil wurde hauptsächlich mit dem zu salzarmen Rückenbereich begründet. Im Durchschnitt lagen die Salzgehalte bei 1,1 % im Muskelfleisch. Die 7 %ige Salzlake (1:1), bei der 1,6 % Salz erreicht wurden, wurde von allen als optimal eingestuft, die 6 %ige (1,3 %) und 8 %ige (1,8 %) wurden ebenfalls akzeptiert. 10 % Salz (2,1 % im Muskelfleisch ) wurde von allen insgesamt als zu salzig empfunden. Die Räucherforellen der konzentrierten Laken (24 % Salz) wurden von allen akzeptiert.

Abbildung 25: Sensorische Beurteilung der verschiedenen Salzungsbedingungen. Bewertung von Rücken- und Bauchbereich sowie Gesamteindruck. Innerhalb der farbigen Rahmen liegt der Bereich, der vom Panel mehrheitlich als „angenehm salzig“ akzeptiert wurde. Fehlende oder darunterliegende Säulen bedeuten „zu wenig Salz“, darüberliegende Säulen „zu viel Salz“



KR= Kühlraum

### ► Zusammenfassung:

Die während des Projektes untersuchten geräucherten Forellen hatten Salzgehalte zwischen 1 % und 2 %. Diese Gehalte wurden wie erwartet auch mit rohwarenbedingten Schwankungen mit den verschiedenen Salzungsbedingungen erzielt. Laken bei niedrigen Temperaturen führte zu einer geringeren Salzaufnahme.

Ziel des Salzens und Räucherns ist das Erreichen einer optimalen Textur und gewünschter Geschmackseigenschaften. Der dabei festgestellte Salzgehalt in der Wasserphase bzw. im Produkt ist nicht geeignet, das Wachstum von Verderbskeimen zu unterdrücken.

## 8.2 Räucherversuche

Die Messung der Temperatur im Innern der Forellen während der Räucherung ist in großen bzw. in EU-zertifizierten Betrieben Standard. In den besuchten kleinen Räuchereien war sie die Ausnahme. In der Regel wird auf Erfahrung gesetzt. So wird gegen Ende des Räuchervorganges eine ausreichende Erhitzung dadurch festgestellt, dass sich die Rückenflosse leicht herausziehen lässt.

Die Räucheröfen haben außen Thermometer, die die Temperatur des Ofens an der Messstelle des Fühlers anzeigen. Nicht erkennen kann man ein Temperaturgefälle innerhalb des Ofens durch bauliche Gründe oder durch die Dichte der Beschickung mit Fisch. Die Temperatur im Innern der Forellen ist immer niedriger als die Ofentemperatur, was je nach Erhitzungsrate unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Auch sehr niedrige Außentemperaturen wirken sich auf das Temperaturprogramm aus.

Eigene Versuche haben gezeigt, dass nicht alle von uns erworbenen Räucherforellen eine Kerntemperatur von 60 °C erreicht hatten (siehe 6.2).

Die im Folgenden beschriebenen Versuche zur Ermittlung des Temperaturverlaufs in verschiedenen Räucheröfen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Starnberg durchgeführt.

### *Temperaturverlauf beim Räuchern von Forellen*

#### Versuch 1: Räucherofen mit Holzfeuer, Typ Altonaer Ofen

##### 1. Vorbereitung der Forellen

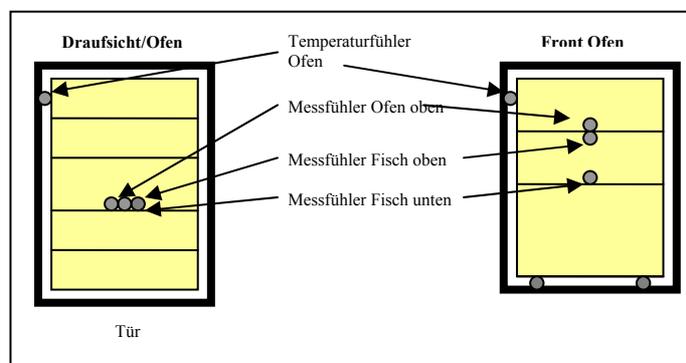
60 Forellen (amK ohne Kiemen, durchschnittlich rd. 450 g Lebendgewicht)) wurden über Nacht (15 Stunden) bei 3 °C Raumtemperatur in einer 6 % igen Salzlösung (G/G, 50 l Wasser + 3 kg Salz)) gelakt. Verhältnis Lake: Fisch 1:1

##### 2. Räuchern der Forellen

Die Forellen wurden vor dem Räuchern gründlich gewaschen und auf Haken gebracht. Sie wurden mit dem Kopf nach oben auf die Stangen eines Räucherwagens gepackt, wobei vier Reihen mit jeweils 7 bis 8 Forellen auf zwei Ebenen bestückt wurden (Gesamtzahl: 60 Stück).

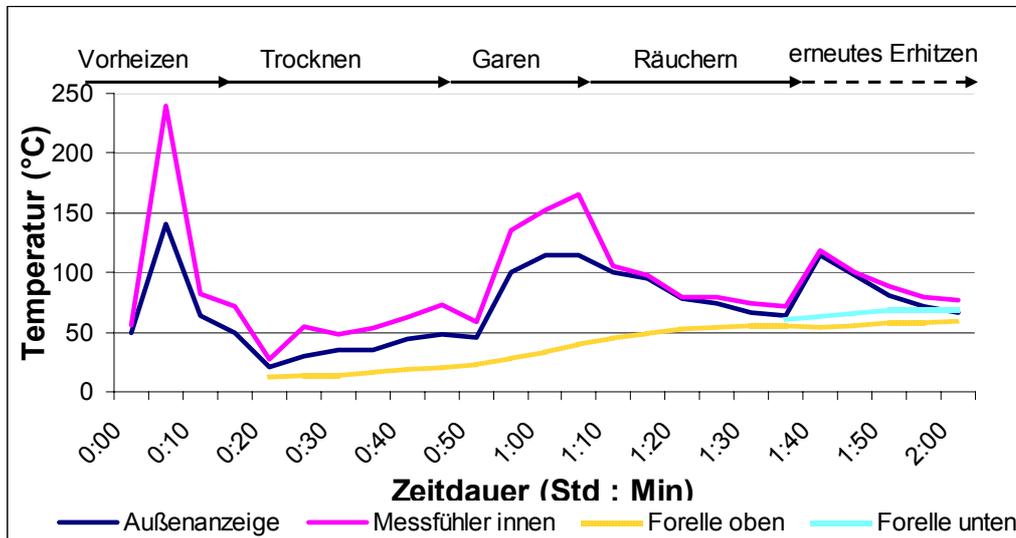
Der Räucherofen stand im Freien. Die Außentemperatur betrug ca. 15 °C. Die Forellen hatten zu Beginn des Räuchervorganges eine Kerntemperatur von 11 °C.

Abbildung 26: Verteilung der Messfühler während des Räucherns



Es dauerte gut 1 ½ Stunden (einschließlich einer Trocknungsphase von etwa 30 Min.) bis die Forellen die Kerntemperatur von 60°C erreicht hatten. Während der Garungsphase wurde zwischenzeitlich eine Ofentemperatur von 170°C erreicht, ungeachtet dessen stiegen die Kerntemperaturen nur langsam und relativ gleichmäßig an (Abb. 27).

Abbildung 27: Versuch 1, Temperaturverlauf in einem Räucherofen mit Holzfeuer, Typ Altonaer Ofen



Phase 1: Vorheizen des leeren Ofens ( Holzfeuer)

Phase 2: Trocknen der Forellen im Ofen bei halboffener Tür, Ofenklappe offen

Phase 3: Garen der Forellen, Tür geschlossen

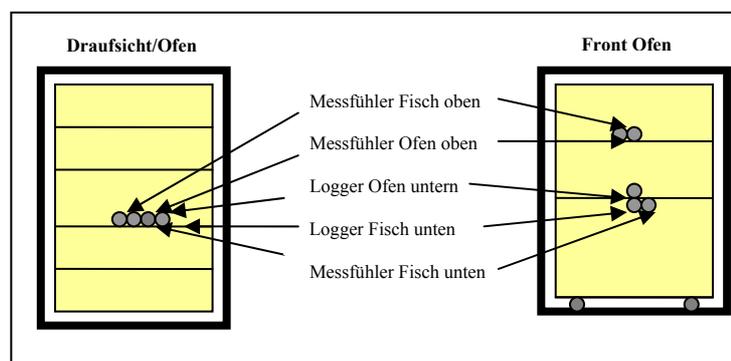
Phase 4: Rauchphase Glut wird mit (Buchen)Sägemehl abgedeckt, Ofenklappe zu

Phase 5: optional, nochmaliges Erhitzen, Räucherergebnis nach Phase 4 nicht zufrieden stellend

### Versuch 2: Edelstahlofen mit Elektroheizung - schnelles Erhitzen

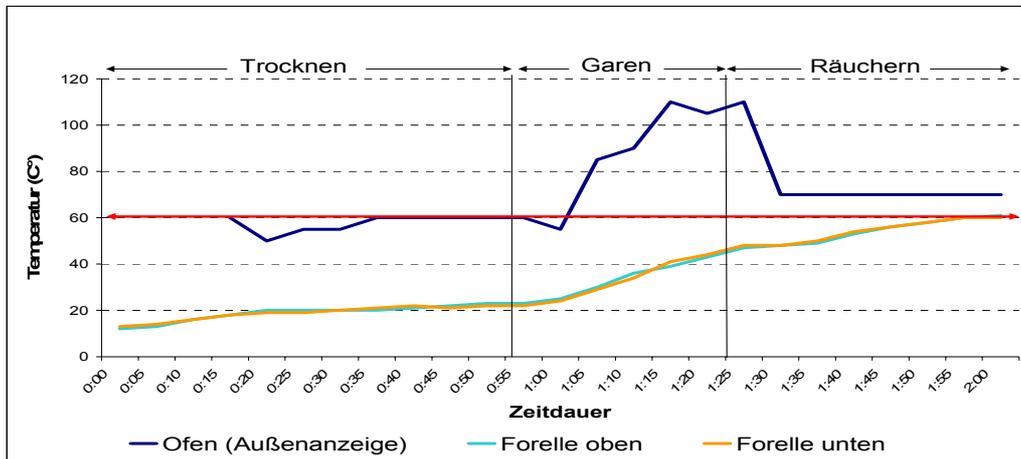
Vorbereitung der Forellen und Anordnung im Räucherofen wie bei Versuch 1. Zur Raucherzeugung wurden feine Buchenspäne benutzt. Der Räucherofen stand ebenfalls im Freien.

Abbildung 28: Verteilung der Messfühler während des Räucherns (Ofen: Modell Forella/Eller )



Bei diesem Programm wurde lange vorgetrocknet und dann schnell auf 100 °C bzw. kurzfristig 110 °C während der Garphase erhitzt. Trotz der hohen Temperatur im Ofen stieg sie im Fisch nur langsam an. Nachdem die Ofentemperatur reduziert wurde, dauerte es noch mindestens 30 Minuten bis 60°C erreicht wurden.

Abbildung 29: Versuch 2, Temperaturverlauf in einem Edelstahl-ofen mit Elektroheizung (externe Raucherzeugung) Programm mit schnellem Erhitzen



### Versuch 3: Edelstahl-ofen mit Elektroheizung – langsames Erhitzen

#### 1. Vorbereitung der Forellen

**Rohware:** 60 Forellen (amK ohne Kiemen), Durchschnittsgewicht 320 g (280 g- 369 g ), wurden über Nacht (15 Stunden) bei 16 °C Raumtemperatur in einer 6 % igen Salzlösung gelakt. Verhältnis Lake: Fisch 1:1.

**Räuchern:** die gewaschenen Forellen wurden mit dem Kopf nach oben auf Spalten gehängt und gleichmäßig auf zwei Ebenen verteilt. Der Ventilator war während des gesamten Räucherprozesses in Betrieb. Der Ofen stand in einem Raum mit 20 °C.

Abbildung 30: Verteilung der Messfühler während des Räucherns (Ofen: Voss, Typ Gigant II)

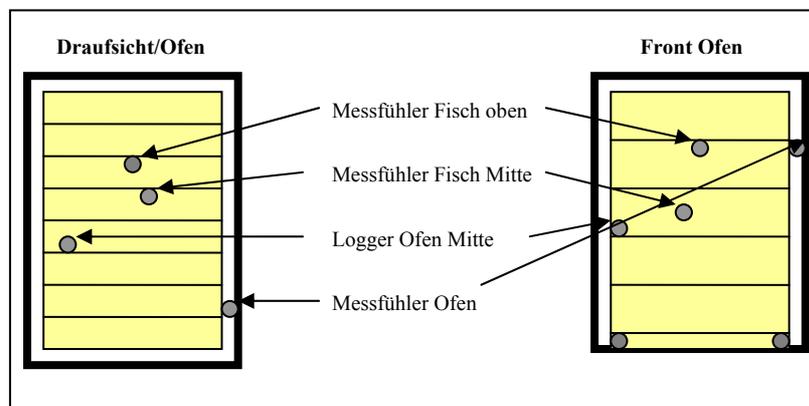
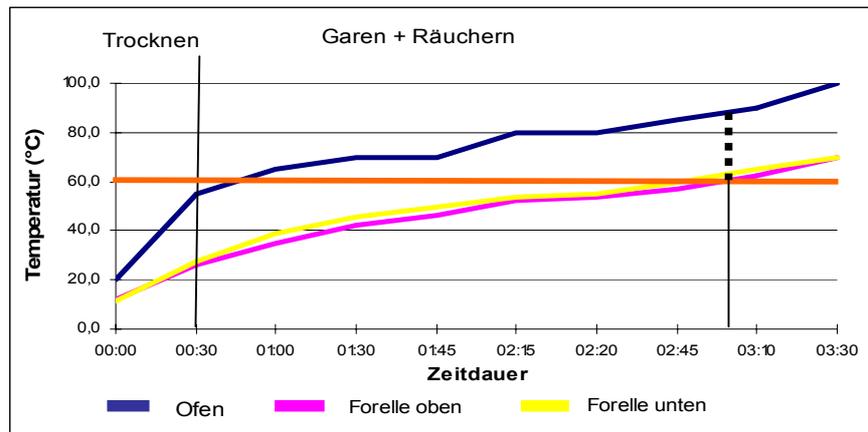


Abbildung 31: Versuch 3, Temperaturverlauf in einem Edelstahl-ofen mit Elektroheizung (externe Raucherzeugung) Programm mit langsamem Erhitzen



Dieses Beispiel (Abb. 31) zeigt die Messdaten für einen Räucherversuch in einem elektrischen Räucherofen, bei dem der gesamte Vorgang inklusive Trocknen mehr als 3 Stunden dauerte. Nach 30 Minuten Trocknen wurde langsam erhitzt. Die Kurven zeigen, dass die Differenz zwischen der Temperatur im Ofen und im Räucherfisch nahezu konstant blieb. Beide Kurven verliefen fast parallel. Es musste mehr als 3 Stunden geräuchert werden, um sicher 60°C im Fischkern zu erreichen.

#### ► Zusammenfassung

Die durchgeführten Räucherversuche zeigen Beispiele für Temperaturverläufe. Sie können natürlich variieren. Das ist abhängig von der Rohware, der Beschickung im Ofen, vom Ofentyp, der Ventilation der heißen Luft bzw. des Räucherrauchs und der Umgebungstemperatur. Und nicht zu vergessen von der Person, die räuchert. Bei so vielen Unwägbarkeiten sollten Kerntemperaturmessungen vorgenommen werden, um auf der sicheren Seite zu sein. Das Ablesen der Ofentemperatur reicht nicht aus. Zumindest sollte das Programm in Abständen getestet werden. Es würde auch reichen, wenn eine Forelle entnommen und die Temperatur durch Einstechen gemessen würde. Die Geräte, die dazu auf dem Markt sind, sind einfach, robust und vor allem nicht teuer.

Wenn die geräucherten Forellen dann noch zusätzlich vakuumverpackt werden, kann die Möglichkeit einer Toxinbildung nicht ausgeschlossen werden. Sie gehören zu den nicht ausreichend hitzebehandelten Produkten, daher muss besonderer Wert auf die Einhaltung der Kühlkette gelegt werden. Das Erhitzen und Räuchern auf 60 °C kann die Keimbelastung reduzieren, man erhält kein keimfreies Produkt. Vakuumverpackung verhindert die Vermehrung von Mikroorganismen, die auf Sauerstoff angewiesen sind, aber nicht die Vermehrung von Clostridien. In einer sauerstofffreien Atmosphäre kann dies nur durch gleichzeitige Kühlung auf unter 7 °C erreicht werden. Die empfohlenen Lagertemperaturen sollten deshalb unbedingt eingehalten werden. Die Laufzeiten sollten im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes auf 2 Wochen begrenzt werden.

## **9. DARSTELLUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE**

Die in den besuchten Betrieben üblichen Salzungs- und Räucherverfahren sind nicht geeignet Mikroorganismen sicher anzutöten, und bei der Weiterverarbeitung zu Filetware muss mit einer sekundären Belastung gerechnet werden.

Die Frische und Qualität von ganzen geräucherten Forellen lässt sich bereits äußerlich recht gut einschätzen. Ware mit zu hoher Keimbelastung ist auch sensorisch nicht mehr akzeptabel. Bei vakuumverpackten Produkten ist die mikrobiologische Qualität für den Käufer nicht mehr zuverlässig erkennbar.

Die Forderungen des Marktes nach möglichst langen Restlaufzeiten im Handel, aber auch die bequeme Handhabung für den Erzeuger und Verbraucher haben dazu geführt, dass zunehmend vakuumverpackte Forellenerzeugnisse in den Verkehr gebracht werden. Ökologisch erzeugte Forellen werden nahezu ausschließlich in dieser Form vermarktet.

Die unter ökologischen Grundsätzen arbeitenden Betriebe verfügten über moderne Räumlichkeiten, einwandfreie hygienische Voraussetzungen und räucherten mit modernen programmierbaren Räucheröfen, die mit einer Ausnahme auch Kerntemperaturmessungen vorsahen.

Lagerversuche unter optimalen Bedingungen mit vakuumverpackten Bioforellen und -filets aus dem Handel zeigten, dass diese Produkte auch nach 21 Tagen mikrobiologisch einwandfrei waren. Ein Zusammenhang zwischen den in Warentests festgestellten Mängeln und ökologischer Erzeugung ist sowohl auf Grund dieser Ergebnisse als auch der Resultate der Modellversuche auszuschließen. Es kann vermutet werden, dass sie eine Folge unzureichender Verarbeitungshygiene oder einer Lagerung in Kühltheken bei nicht ausreichend niedrigen Temperaturen waren.

Allerdings sind Laufzeiten von 21 Tagen und länger, wie sie auch häufig in Bio-Fachmärkten angeboten werden, nicht nur unter mikrobiologischen Gesichtspunkten bedenklich. Die verschiedenen Lagerversuche, die bei optimalen Temperaturen von 2- 4 °C durchgeführt wurden, zeigen, dass die Produkte nach 14 bis 16 Tagen zwar mikrobiologisch einwandfrei waren, aber dennoch Verschlechterungen der Qualität deutlich wurden, die mit den Ansprüchen an ein hochpreisiges Produkt, für das gern mit Zusätzen wie z. B. „frisch“ oder „edel“ geworben wird, nicht mehr in Einklang gebracht werden können. Die empfohlenen Lagertemperaturen sollten deshalb unbedingt eingehalten werden. Außerdem sollte die Lagerzeit von vakuumverpackten Räucherforellen und -filets auf 14 Tage begrenzt werden. Dies entspricht auch den Empfehlungen des Bundesverbandes der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels, die Restlaufzeit im Einzelhandel unter dem Aspekt eines vorbeugenden Verbraucherschutzes auf max. 12 Tage zu beschränken.

## **10. NUTZEN UND VERWERTBARKEIT**

Die im Vorläuferprojekt Bioforelle erzielten Befunde zur Bedeutung der Richtlinien für die Formulierung und Herstellung ökologisch und ökonomisch optimaler Futter für Regenbogenforellen haben, so legen es die nunmehr erzielten Ergebnisse nahe, mit ihrer Kritik dort zu einer Verbesserung der Futter geführt, wo die Vorgaben aus den Richtlinien für eine optimale Produktion eher hinderlich waren.

Auch wenn die Zahl der besuchten Produktionsstätten nicht repräsentativ war, haben eine Vielzahl von Verkostungen von Räucherforellen aus den Betrieben gezeigt, dass die Qualität der Erzeugnisse aus deutschen Teichwirtschaften und Räuchereien hoch einzuschätzen ist.

Der mikrobiologische Status der frisch geräucherten Forellen dokumentiert eine Verarbeitung auf gutem hygienischem Niveau. In wie weit die verschiedenen Verkaufsformen, die die Ware ggf. mehrfach einer nicht optimalen Kühlung aussetzen, Einfluss auf die Qualität am Ende der Haltbarkeit haben, war nicht Gegenstand der Studie. Festzuhalten ist, dass eine Haltbarkeit von 8 Tagen für frische unverpackte und 14 Tage für vakuumverpackte Forellen und Forellenfilets grundsätzlich sinnvolle Handelsspannen sind, die eine gute Qualität sichern.

Zweifellos bietet die Vakuumverpackung die Möglichkeit, Fisch auch in Verkaufsstätten ohne Fischtheke anzubieten, wo er bislang nicht präsent war. Ein weiterer Aspekt sind die längere Haltbarkeit und die bequeme Handhabung für den Verbraucher.

Ein kritischer Faktor neben der Produktqualität ist die konsequente Einhaltung der Kühlkette, die auf Grund unserer Beobachtungen oft bereits von den Produzenten recht großzügig gehandhabt wird. Aus Sicht der Qualitätssicherung und des Verbraucherschutzes sind längere Laufzeiten, wie sie vom Handel angestrebt bzw. gefordert werden, bedenklich. Betriebe, die eine Ausweitung ihrer Produktion auf neue Abnehmer anstreben, sind gut beraten, wenn sie nicht nur ihre eigene Herstellung, sondern auch die Vertriebswege ihrer Ware bis zum Verbraucher kritisch überprüfen. Die schlechten Ergebnisse in Verbrauchertests für Bioprodukte sind oftmals sehr wahrscheinlich das Ergebnis mangelhafter Produktbehandlung auf dem Weg vom Erzeuger zum Käufer.

Eine Alternative sind Verpackungen mit modifizierter Atmosphäre (Modified Atmosphere Packaging - MAP). MAP hat schon seit etlichen Jahren Einzug in den so genannten Chilled Food Bereich gefunden. Das Prinzip beruht bei den meisten Anwendungen darauf, den Sauerstoff in der Verpackung, der zum Verderb der Lebensmittel beiträgt, mit einem definierten Gemisch aus anderen Gasen - in der Regel Kohlendioxid und Stickstoff - zu ersetzen, um zum einen das Bakterienwachstum zu hemmen und zum anderen die Entwicklung von Clostridien zu verhindern.

Bereits das oben erwähnte Vorläuferprojekt hat gezeigt, dass es mit den etablierten Untersuchungsverfahren nicht möglich ist, Qualitätsunterschiede zwischen ökologisch und konventionell erzeugten Forellen festzustellen. Diese Erkenntnis muss nun auch auf die heißgeräucherten Erzeugnisse erweitert werden. Die Eigenheiten der Produkte werden dominiert von der Rohware sowie der Art der Salzung und insbesondere der Räucherung.

Die besuchten ökologisch arbeitenden Betriebe waren modern ausgestattet unter Berücksichtigung heutiger Hygienestandards. Sie zeigen, dass sich die Grundsätze einer ökologischen Produktion und einer modernen Betriebsführung nicht ausschließen sondern im Gegenteil durch die Richtlinien des ökologischen Landbaus forciert werden.

## 11. ZUSAMMENFASSUNG

Forellenteichwirtschaften sind seit Jahren der erfolgreichste Zweig der deutschen Binnenfischerei. Rund 19000 t Speiseforellen wurden in Deutschland 2005 produziert. Zusammen mit den Importen wurden 35 000 t Forellen an inländische Verbraucher abgesetzt. Die ökologische Aquakultur von Forellen basiert nur auf wenigen Betrieben und ist mit einer jährlich gehandelten Menge von ca. 100 t eher unbedeutend.

Zu dem Angebot frischer Forellen ist in den letzten Jahren verstärkt eine weitergehende Verarbeitung und Veredelung der Rohware hinzugekommen. Insbesondere das Räuchern der Forellen erhöht den Verkaufspreis deutlich und bietet zusätzliche Möglichkeiten zur Wertschöpfung, die den Mehraufwand lohnen. Typische Forellenprodukte sind heißgeräucherte, ganze Fische. Zunehmend wird die Ware filetiert und unter Vakuum in Folienbeuteln verschweißt. Grundsätzlich ist festzustellen, dass Biofachmärkte in der Regel aus logistischen Gründen vakuumverpackte Forellen oder Forellenfilets handeln.

Unabhängig ob konventionell oder ökologisch ausgerichtet, sind die Betriebsgrößen in Deutschland überwiegend klein. Die Absatzwege für Forellen und Forellenprodukte sind regional sehr verschieden. Neben dem bei kleinen Räuchereien dominierenden Direktverkauf sind es die Gastronomie und der Lebensmitteleinzelhandel.

Ziel des Forschungsprojektes war die Untersuchung von Qualitätsveränderungen bei der Verarbeitung und Lagerung von ökologisch und konventionell erzeugten Räucherforellen. Insbesondere wegen fehlender fundierter Grundlagen werden diese beiden Produktionsformen oft eher subjektiv bewertet, sodass die vorliegenden Ergebnisse zu einer Versachlichung der Beurteilung beitragen können.

Eine weitere Fragestellung war die Produktsicherheit dieser Lebensmittel. Hierzu sind die Einhaltung strenger hygienischer Standards bei der Verarbeitung in den Betrieben sowie Kenntnisse über die notwendigen Qualitätsanforderungen während der Herstellung und Lagerung der verschiedenen Produkte eine notwendige Voraussetzung. Dies gilt gleichermaßen für den konventionellen als auch den ökologischen Bereich. Durch Besichtigungen kleiner bis mittelständischer Räuchereien in verschiedenen Teilen der Bundesrepublik und gezielte Befragungen wurden individuelle Verarbeitungsstrukturen erfasst. In Versuchen wurden die Auswirkungen der wichtigsten Arbeitsschritte auf die Qualität näher untersucht.

Um eine vergleichende Aussage zur Qualität und Lagerfähigkeit von ökologischen und konventionellen Räucherprodukten treffen zu können, musste bereits die Aufzucht der Forellen unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Dieser Teil des Projektes fand in der Außenstelle Ahrensburg des Institutes für Fischereiökologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei statt. Dort wurden Versuche durchgeführt, bei der die für die Produktqualität entscheidenden Parameter Futterzusammensetzung und Besatzdichte den ökologischen und konventionellen Zuchtbedingungen entsprachen, während alle anderen Einflussgrößen, insbesondere die Wasserqualität, konstant gehalten wurden. Zur Aufzucht nach den Richtlinien von Ökoverbänden gehört eine extensive Bewirtschaftung sowie ein Futter, das bestimmten Vorgaben genügen muss. Dieser Kopplung wurde in den Aufzuchtversuchen entsprochen. Ebenso beim konventionellen Ansatz, bei dem ein handelsübliches Forellenfutter gegeben wurde und bei dem eine häufig anzutreffende mittlere Besatzdichte gewählt wurde.

In Futtermittelsversuchen wurden verschiedene auf dem deutschen Markt erhältliche Ökofuttermittel für Forellen getestet und mit einem konventionellen Futtermittel (Standardfuttermittel) hinsichtlich Wachstum, Futtermittelauswertung und Proteinausnutzung verglichen. Es fanden mehrere Durchgänge statt, mit einem pelletierten und drei unterschiedlichen extrudierten Ökofuttermitteln. Die Leistung der Extrudate in der verwendeten Größe von 4 mm war nahezu identisch.

Extrudiertes Ökofuttermittel desselben Herstellers schnitt deutlich besser ab als das pelletierte, auch wenn es noch nicht die Leistung des konventionellen Futtermittels erbrachte. Aus dieser Sicht ist es sinnvoll, dass betroffene Ökoverbände ihre Richtlinien dahingehend geändert haben, dass extrudiertes Futtermittel in der ökologischen Aquakultur zulässig sind. Dies ist als ein wichtiger und überfällig Beitrag zur Entlastung der Umwelt mit Gewässer-eutrophierenden Stoffen zu werten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das verwendete konventionelle „Standardfuttermittel“, das sich auch im Vergleich zu anderen konventionellen Futtermitteln in der Vergangenheit als besonders gut herausgestellt hatte, gegenüber den drei getesteten Ökofuttermitteln in diesem Versuch bei 4 mm-Pelletgröße nur relativ geringe Leistungsvorteile zeigt, in kleineren Größen (2 mm) aber offensichtlich deutlichere Vorteile hat.

Um aus den Forellen Räucherprodukte mit gleich bleibend hoher Qualität herzustellen, wurde die aus der standardisierten Aufzucht resultierende Rohware in einem EU- zertifizierten Betrieb geräuchert, verpackt und unter optimalen Bedingungen gelagert.

Zur Charakterisierung der für den Modellversuch produzierten Forellen und der daraus hergestellten Räucherprodukte wurde vor Beginn der vergleichenden Lagerversuche die chemische Zusammensetzung des essbaren Anteils der Rohware und der frisch geräucherten Fische ermittelt.

Mit durchschnittlich 6,0 % Fett waren die geräucherten konventionell erzeugten Forellen des Modellversuches deutlich fetter als die ökologisch aufgezogen mit einem Fettgehalt von 4,5 %. Die Rohproteinanteile waren mit 21,4 % bzw. 21,6 % typisch für Räucherforellen und zeigten kaum Schwankungen zwischen den einzelnen Fischen. Die Salzanteile der Räucherwaren lagen mit 1,44 % (konventionell) bzw. 1,8 % relativ hoch, blieben aber durchaus noch in einem normalen Bereich für Räucherforellen. Die Untersuchung der Handelsproben ergab folgende Ergebnisse: Die Fettanteile lagen zwischen 6 und 9 %, unabhängig, ob konventionell oder ökologisch produziert wurde. Die Salzanteile hingen von den individuellen Salzungsbedingungen bei der Verarbeitung ab und bewegten sich im üblichen Bereich zwischen 0,8 und 1,6.

Es wurden Lagerversuche bei 2-4 °C bis zu 28 Tagen mit den Räucherforellen des Modellversuches als Ganzfisch, offen gelagert und als vakuumverpackte Filetware durchgeführt. Vergleichend dazu wurde Handelsware in Form von ganzen Räucherforellen (konventionell) und vakuumverpackten ganzen Forellen und Forellenfilets (beide ökologisch) gelagert. In regelmäßigen Abständen wurden die Proben mikrobiologisch, sensorisch, chemisch und mit physikalischen Methoden (Farbmessung, elektronische Nase) beurteilt. Weiterhin wurden verschiedene proteinchemische Parameter und das Fettsäureprofil bestimmt.

Die Messung der TVB-N, TMA- und DMA- Gehalte war zur Verfolgung von Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Räucherforellen nicht geeignet. Auch Redoxpotentialmessungen und die Bestimmung von Muskelinhaltsstoffen wie

Malondialdehyd, das häufig als Indikator für eine Fettoxidation herangezogen wird, besaßen keine Aussagekraft. Der Gehalt an dem Antioxidans Glutathion ließ weder einen Rückschluss auf die Frische der Räucherfische noch auf die Aufzuchtform zu.

Zwischen den einzelnen Untersuchungstagen gab es kleinere Schwankungen in der Fettsäurezusammensetzung, wie sie für ein derartiges biologisches Material zu erwarten war. Die einzelnen Komponenten und hier besonders die Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren veränderten sich nicht mit der Lagerung.

Die Fettsäureverteilung bewegte sich in den Grenzen, die für Forellen aus der Aquakultur zu erwarten waren und stimmte mit Literaturdaten und eigenen Untersuchungen überein. Es ergaben sich für einige Fettsäuren unterschiedliche Gehalte für die beiden Aufzuchtformen als Folge der unterschiedlichen Futtermittel. Insgesamt sind die Feststellungen aber nicht ernährungsphysiologisch bedeutend.

Alle untersuchten Proben (Modellversuch, Handel) waren unter mikrobiologischen Aspekten von guter oder sehr guter Qualität. Es fiel aber auf, dass in den Proben aus konventionell produzierten Räucherfilets deutlich seltener Bakterien und niedrigere Gesamtkeimzahlen gegenüber den ökologisch produzierten Räucherfilets nachgewiesen wurden, auch wenn es in keinem Fall Anlass zu Beanstandungen gab noch die Höhe geeignet war, die sensorischen Ergebnisse zu beeinflussen.

Die Qualität der Proben nahm kontinuierlich ab, war jedoch bei beiden Produktformen am Ende der sensorischen Verkostungen (empfohlene Haltbarkeit, Mindesthaltbarkeitsdatum) durchaus noch als durchschnittlich zu bezeichnen und keinesfalls verdorben.

Mit einer während des Projektes entwickelten und validierten proteinanalytischen Methode (isoelektrische Fokussierung der wasserlöslichen Proteine/ Flockungstest nach Coretti) zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur von geräucherten Forellen wurde untersucht, ob die in den Leitsätzen für heißgeräucherte Fischerzeugnisse geforderte Kerntemperatur von 60 °C erreicht wurde. Dies war nicht immer der Fall, wie die Untersuchung von 17 Handelsproben bewies. 2 Proben loser, unverpackter Räucherforellen aus dem Einzelhandel waren bei Temperaturen deutlich unter 55 °C geräuchert worden. Bei der untersuchten Bioware war sie zuverlässig erreicht worden.

Fasst man die Ergebnisse des Lagerversuchs zusammen, so gab es keine statistisch abzusichernden Unterschiede zwischen den konventionellen und den ökologischen Forellenprodukten des Modellversuches, das gilt sowohl für die offen gelagerten ganzen Forellen als auch für die vakuumverpackten Filets. In Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen des Vorgängerprojektes an rohen Forellen ließen die Untersuchungen keine Rückschlüsse auf die Produktionsform zu.

Parallel zu diesem Teil des Projektes wurden im Rahmen einer Stuserhebung 23 kleine und mittelständische Räuchereien mit konventioneller oder ökologischer Verarbeitung in verschiedenen Teilen Deutschlands besucht, um einen Überblick über die praxisüblichen Verfahren zu bekommen, die bei der Herstellung von Räucherforellen bzw. vakuumverpackten Räucherforellenfilets ablaufen.

Die Befragung zeigte, dass es nur sehr selten standardisierte Prozesse in den Betrieben gibt. Eigene Rezepturen und vor allem Erfahrung bestimmen den Produktionsablauf. Dabei liegen

die hauptsächlichlichen Unterschiede bei den Salzungsbedingungen für die Rohware und der Temperaturführung während der Räucherung.

Da in den meisten Betrieben kaum Kenntnisse über die Salzgehalte vorhanden waren, die mit den verschiedenen Salzungsmethoden erreicht werden, wurde in Versuchen die Auswirkung der hauptsächlich praktizierten Verfahren auf die Höhe der Salzgehalte im Produkt ermittelt. Variiert wurden die Konzentration der Lake, das Verhältnis Lake: Fisch, die Verweilzeit der Forellen in der Lake und die Temperatur während des Lakens. Je nach Rezeptur lagen die Gehalte im geräucherten Muskelfleisch mit rohwarenbedingten Schwankungen zwischen 1 und 2 %. Laken bei niedrigen Temperaturen (2 °C im Vergleich zu 16 °C) führte zu einer geringeren Salzaufnahme.

Temperaturmessungen in Forellen während des Räucherns, die gewährleisten, dass eine Kerntemperatur im Fisch von 60 °C erreicht wird, sind überwiegend nicht üblich. Daher wurden zusätzliche Versuche mit verschiedenen Räucheröfen durchgeführt, die den Einfluss des Temperaturprogramms auf die erreichten Kerntemperaturen näher untersuchten. Die Temperaturen im Räuchergut waren stets niedriger als die Ofentemperatur, unabhängig davon, ob schnell oder langsam erhitzt wurde. Die Messung der Ofentemperatur ließ daher keine zuverlässigen Rückschlüsse auf die Kerntemperatur zu und sollte bei den praxisüblichen Verfahren durch Messungen in den Forellen nachgeprüft werden.

## **12. GEPLANTE UND ERREICHTE ZIELE**

Unter der Leitung des Forschungsbereiches Fischqualität der BFEL am Standort Hamburg wurde das Projekt gemeinsam mit dem Institut für Fischereiökologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Ahrensburg durchgeführt.

Die Aufzucht der Forellen unter kontrollierten Bedingungen und die Fütterungsversuche mit verschiedenen kommerziellen konventionellen und ökologischen Futtermitteln ermöglichten einen Vergleich der Leistung hinsichtlich Aufwachsrate und Futtermittelverwertung.

Die Kooperation mit verschiedenen Forellenzuchtbetrieben mit konventioneller und /oder ökologischer Produktionsweise war erfolgreich. Auch die Statuserhebung der Praxisbedingungen konnte wie geplant durchgeführt werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden in den weiteren Projektlauf einbezogen.

Die Forellen des Modellversuchs wurden wie geplant in einem kommerziellen EU-zertifizierten Betrieb geräuchert. Die Lagerversuche und begleitenden Qualitätsuntersuchungen wurden wie im Antrag dargestellt durchgeführt. Entsprechendes gilt für die Untersuchung von konventionellen und ökologischen Handelsproben, allerdings wurden Analyseverfahren, die sich im Modellversuch als nicht aussagekräftig erwiesen hatten, nur stichprobenmäßig oder gar nicht mehr eingesetzt.

Unter Einbeziehung der verschiedenen Untersuchungen und der Statuserhebung wurden einige Ergebnisse praxisnah aufbereitet und sollen mit Verbesserungsvorschlägen für die Herstellung und Lagerung von heißgeräucherten Forellenerzeugnissen in einer Broschüre zusammengestellt werden.

### 13. LITERATURVERZEICHNIS

- ( 1 ) Jahresbericht über die deutsche Fischwirtschaft 2006: Binnenfischerei 2005. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2006.
- ( 2 ) Fischinformationszentrum: Fischwirtschaft - Daten und Fakten 2006. ISSN 1438-5376 oder [www.fischinfo.de/pdf/d\\_und\\_f2005.pdf](http://www.fischinfo.de/pdf/d_und_f2005.pdf).
- ( 3 ) Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 2006: Analyse der qualitativen Struktur des Konsums von Bioprodukten nach einem Lebenswelten-Modell und Ermittlung der milieuspezifischen Potentiale zur Erhöhung des Konsums sowie der dafür notwendigen Maßnahmen. [http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de/projekt\\_02oe330.html](http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de/projekt_02oe330.html).
- ( 4 ) Stiftung Warentest, 2004: Räuber aus dem Rauch. Heft 1.
- ( 5 ) Stiftung Warentest, 2002: Räucherlachs: Zu früh verdorben. Heft 1.
- ( 6 ) Ökotest, 2003: Verkeimt und verdorben. Heft 12.
- ( 7 ) Bundesprogramm ökologischer Landbau, 2006: Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Bioforellen- BLE 02OE007, Abschlussbericht. [http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de/projekt\\_02oe007.html](http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de/projekt_02oe007.html).
- ( 8 ) Grove, H.-H. et al., 2005: Neues EU- Hygienerecht – Möglichkeiten der Vermarktung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs im landwirtschaftlichen Bereich. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 12 (3).
- ( 9 ) Deutsches Lebensmittelbuch, 2003: Leitsätze für Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse. GMBI. Nr. 8 - 10 vom 20. 02. 2003, S. 150, 157.
- ( 10 ) Naturland, 1/2006: Richtlinien Verarbeitung. Naturland-Verband für naturgemäßen Landbau e. V., Kleinhaderner Weg 1, 82166 Gräfelfing. <http://www.naturland.de> .
- ( 11 ) 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.
- ( 12 ) Gonzalez et al., 2000: Mesophilic aeromonads in wild and aquacultured freshwater fish. J. Food Prot. 64 (5), 687-691.
- ( 13 ) Wißmath, P., 1983: Die Haltbarkeit folienverpackter, geräucherter Forellenprodukte. Fischer und Teichwirt 34(12), 354-355.
- ( 14 ) Schulze, K., 1985: Untersuchungen zur Mikrobiologie, Haltbarkeit und Zusammensetzung von Räucherforellen aus der Aquakultur. Arch. Lebensmittelhyg. 36, 77-100.
- ( 15 ) Zorn, W. et al., 1993: Beurteilung des Hygienestatus geräucherter, vakuumverpackter Forellenfilets. Arch. Lebensmittelhyg. 44, 81-104.

( 16 ) Fries, R. et al., 1982: Beeinflussung der Qualität von Räucherforellen. AFZ. Heft 18, S. 776-781.

( 17 ) Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), ehem. BgVV Pressedienst, 2000: Botulismus nach dem Verzehr von Räucherfisch.  
<http://www.bfr.bund.de/cms5w/sixcms/detail.php/889>.

( 18 ) Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), 2005: Merkblätter für Verbraucher. Hinweise für Verbraucher zum Botulismus durch Lebensmittel.  
<http://www.bfr.bund.de/cd/512>.

( 19 ) Sikorski, Z.E., Kolodziejska, I., 2002: Microbial risks in mild hot smoking of fish. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 42(1), 35-51.

( 20 ) Smedes, F., 1999: Determination of total lipid using non-chlorinated solvents. Analyst 124, 1711- 1718.

( 21 ) Oehlenschläger, J., 1997: WEFTA interlaboratory comparison on nitrogen determination by Kjeldahl digestion in fishery products and standard substances. Inf. Fischwirt. 44(1): 31-37.

( 22 ) Karl, H. et al., 2002: WEFTA interlaboratory comparison on salt determination in fishery products. J Aquatic Food Product Technology 11(3/4), 215-228.

( 23 ) Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft, 2000: DGF-Einheitmethode C-VI-10a. Gaschromatographie: Analyse der Fettsäuren und Fettsäureverteilung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

( 24 ) Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft, 1998: DGF-Einheitmethode C-VI-11d. Fettsäuremethylester (Alkalische Umesterung). Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

( 25 ) Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft, 1998: DGF-Einheitmethode C-VI 6a. Bestimmung der Peroxidzahl (Teil 1: Methode nach Wheeler). Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

( 26 ) Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), 2006: Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren. Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen stickstoffhaltigen Basen (TVB-N) in Fischen und Fischerzeugnissen (Referenzverfahren). BGBl. Nr. 20 vom 27. 04. 2006.

( 27 ) 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.

( 28 ) Gardner. J.W.; Bartlett, P.N., 1999: Electronic noses. Principles and applications. Oxford University Press. New York.

( 29 ) Kent, M. et al. (Hrsg.), 2005: Squid. A new method for measurement of the quality of seafood. S. 65-77, Shaker Verlag, Aachen.

- ( 30 ) Rehbein, H., Kress, G., Schreiber, W., 1978: An enzymic method for differentiating thawed and fresh fish fillets. J. Sci. Food Agric. 29, 1076-1082.
- ( 31 ) Griffith, O.W.,1985: Glutathione and glutathione disulphide. In: Methods of Enzymatic Analysis (Hrsg: H. U. Bergmeyer, J. Bergmeyer, M. Graßl), 3. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, S. 521-529.
- ( 32 ) Rehbein, H., 1992: Determination of the heating temperature of fishery products. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 195, 417-422.
- ( 33 ) Bell, J. G. et al., 2002: Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. J. Nutr., (132), 222-230.
- ( 34 ) Bell, J. G. et al., 2003: Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. Am. Soc. Nutr. Sci., 2793-2801.
- ( 35 ) Schubring, R., 2006: Veränderungen der Farbe und thermischen Stabilität der Muskelproteine von Räucherforellen während der Kühllagerung. Inf. Fischereiforsch. 53, 52-58.
- ( 36 ) Food and Drug Administration (FDA), 1997: Food and Drug Administration compiliance programm guidance manual. 17. Januar 1997, Abschnitt (section) 7303.843.
- ( 37 ) Wang, D., Correia, L. R., Tang, J., 1998: Modelling of salt diffusion in Atlantic salmon muscle. Canadian Agricultural engeneering 40, 29-34.



Anlage 2: Fragebogen (4 Seiten)

Besuchsdatum:.....

**Firma mit Anschrift:**.....

Ansprechpartner: .....

Tel.: ..... e-mail:.....

Fax:.....

**Angaben zum Betrieb:**

Mitarbeiterzahl: .....

Anzahl der Teiche:.....

Produktionszeitraum: ganzjährig  nur von.....bis.....

**Produktionsmengen/Jahr (Rohware):** Forellen.....

Karpfen:.....

Sonstiges:.....

---

**Aufzuchsbedingungen:**

**Anlageform:** Rinnenanlage  Naturteich  Betonteich

Belüftung :.....

Wasserversorgung:.....

Art der Fütterung:.....

Zielgewicht:..... Aufzuchtsdauer: .....Monate

Besatzdichte:.....

**Zeitlicher Ablauf Schlachten und Lagerung bis zum Räuchern**

Ausnüchterung: Zeitdauer..... Ort.....

Art des Abfischens.....

Tötung durch: .....

Ausnahmen: .....

Firma:.....

Waschvorgang.....

Zwischenlagerung Rohware: Ort: .....Dauer.....Temp:..... °C

---

## Räuchern

### Salzen:

Salz :      Ganzfisch..... Filets.....

Salzlake:  Ganzfisch..... Filets.....

Dauer/Ort.....

Waschvorgang:.....

### Räucheranlage:

Klimarauchanlage      Altonaer Ofen      sonstiges .....

Bemerkungen:.....

.....

**Vortrocknung:**.....

### Räuchervorgang:

Räuchermaterial:.....

Räucherprogramm:.....

Temperatursteuerung :   automatisch     von Hand

Erreichte Kerntemperatur (gemessen): .....°C

Ende der Räucherung:.....

Abkühlvorgang : Ort ..... Dauer.....

Lagertemperatur bis zur Weiterverarbeitung: .....°C

Bemerkungen.....

Firma:.....

**Dokumentierung der Verarbeitungsparameter**.....

**Weiterverarbeitung der geräucherten Ware**

**Ganze Forellen**

Zwischenlagerung zum bis Verpacken: Ort..... Art:.....  
 .Dauer.....Temp.:.....°C

**Filets:**

Zwischenlagerung bis zum Filetieren Ort..... Art:.....  
 Dauer.....Temp.:.....°C

**Art der Filetierung:** von Hand  maschinell

Zwischenlagerung Filets bis Verpackung Ort.....Art:.....  
 Dauer.....Temp.:.....°C

**Verpackte Ware/Lagerung:** Ort.....Dauer.....Temp.:  
 .....°C

**Art der Verpackung:**.....

**Produktformen Räucherware**

Produkt	Packungs- einwaage	lose	Vakuum- verpackt	Schutzgas	Haltbarkeitsangaben		
					Lose	Vakuum	Schutzgas
Ganze Forellen							
Räucherfilets Mit Haut							
	Ohne Haut						

Firma:.....

**Vermarktung**

Direktvermarktung an Endverbraucher .....

    feste Abnehmer .....

**Transport der Ware:**

.....

**Transportbehälter:**

.....

**Fischabfälle:**

.....

.....

**Reinigung der Räume, Desinfektionsmittel:**

Reinigungsplan:                      ja                       nein

Unterschied Sommer/Winter      ja                       nein

.....

.....

**Zusätzliche Bemerkungen:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Erstellt von:.....

Anlage 3 (Abbildungen 19 bis 23)

Abbildung 19: IEF geräucherter Forellen (1. Versuchsreihe; RA012\_06B)

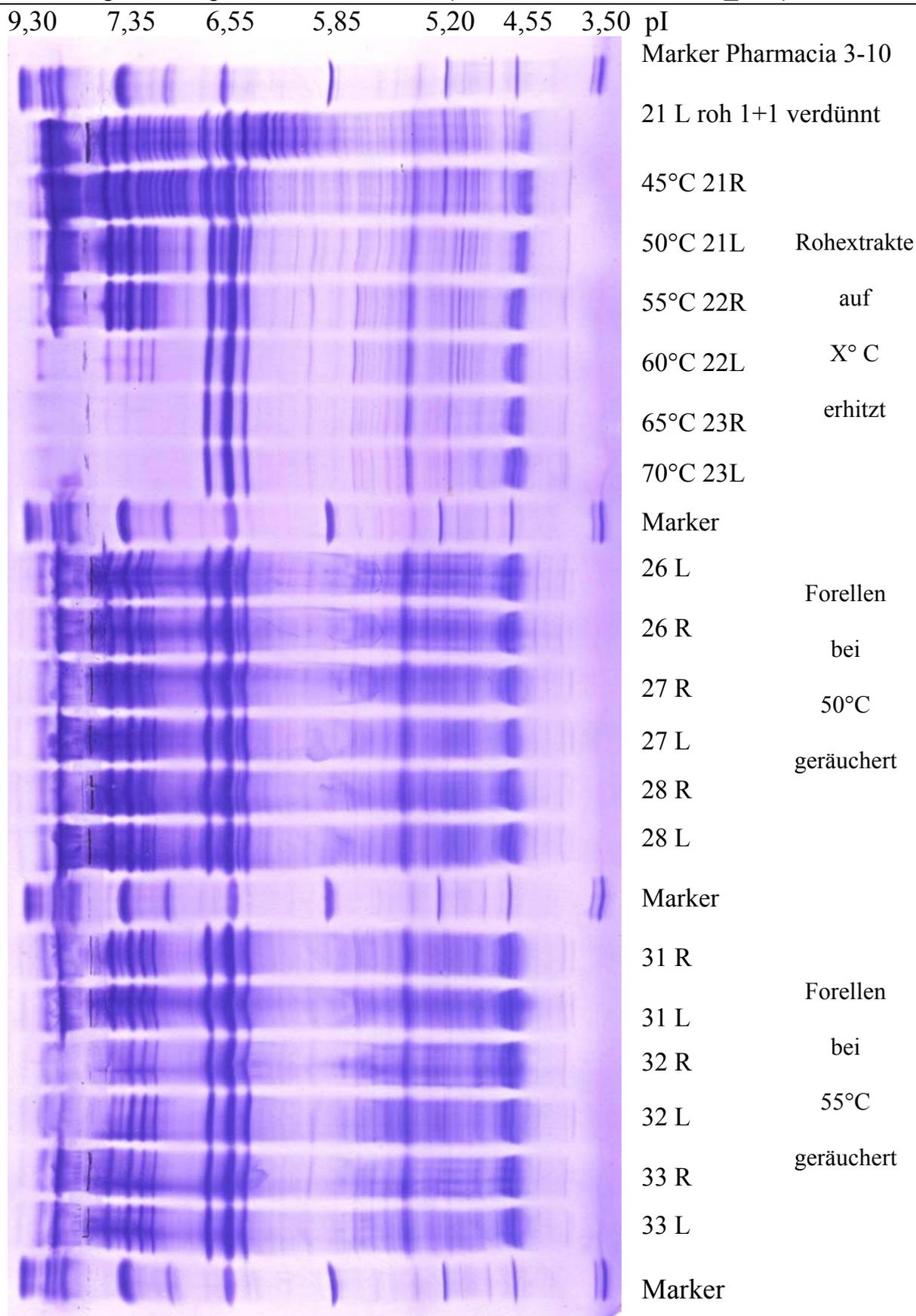


Abbildung 20: IEF geräucherter Forellen (1. Versuchsreihe; RA012\_06A)

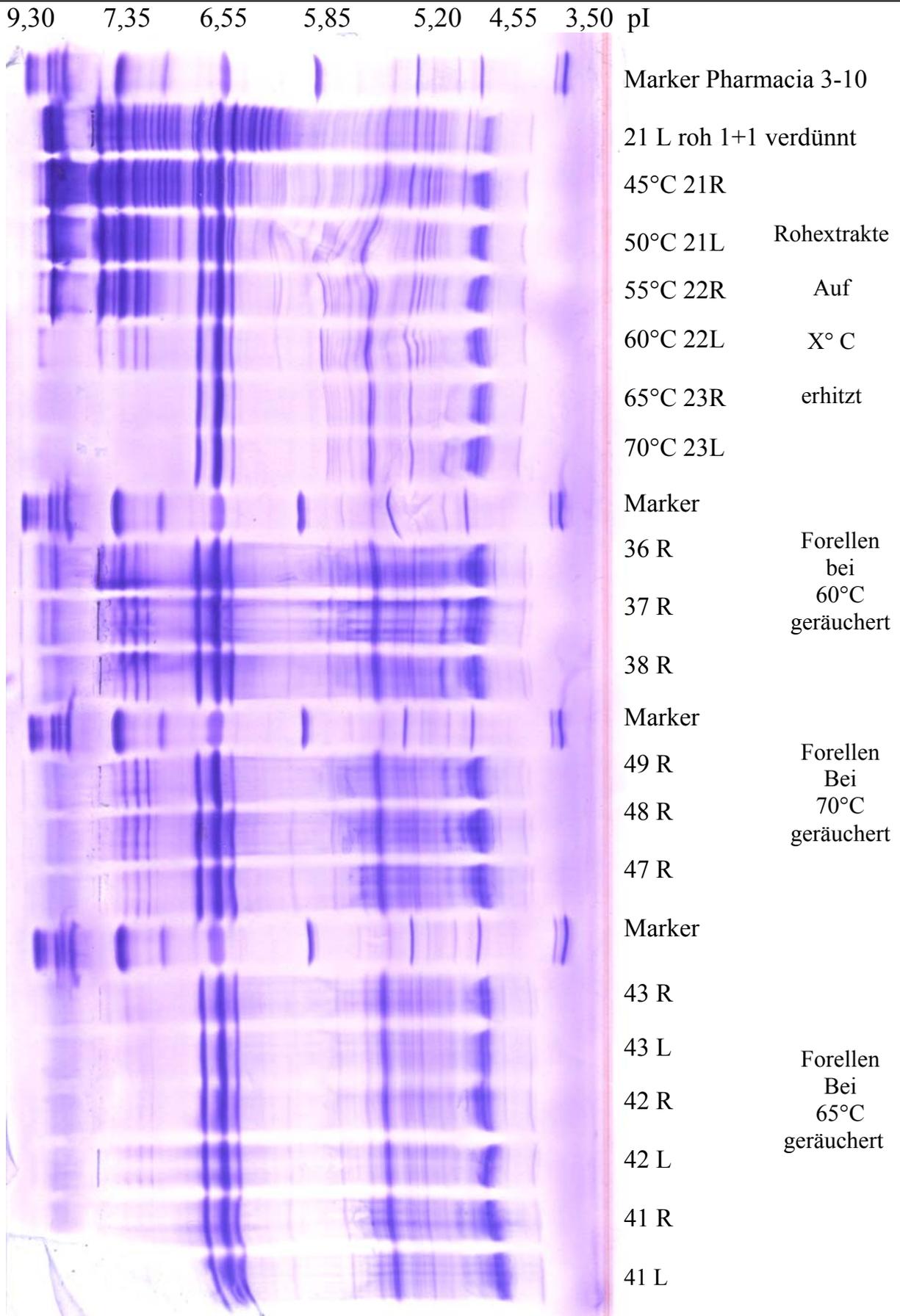
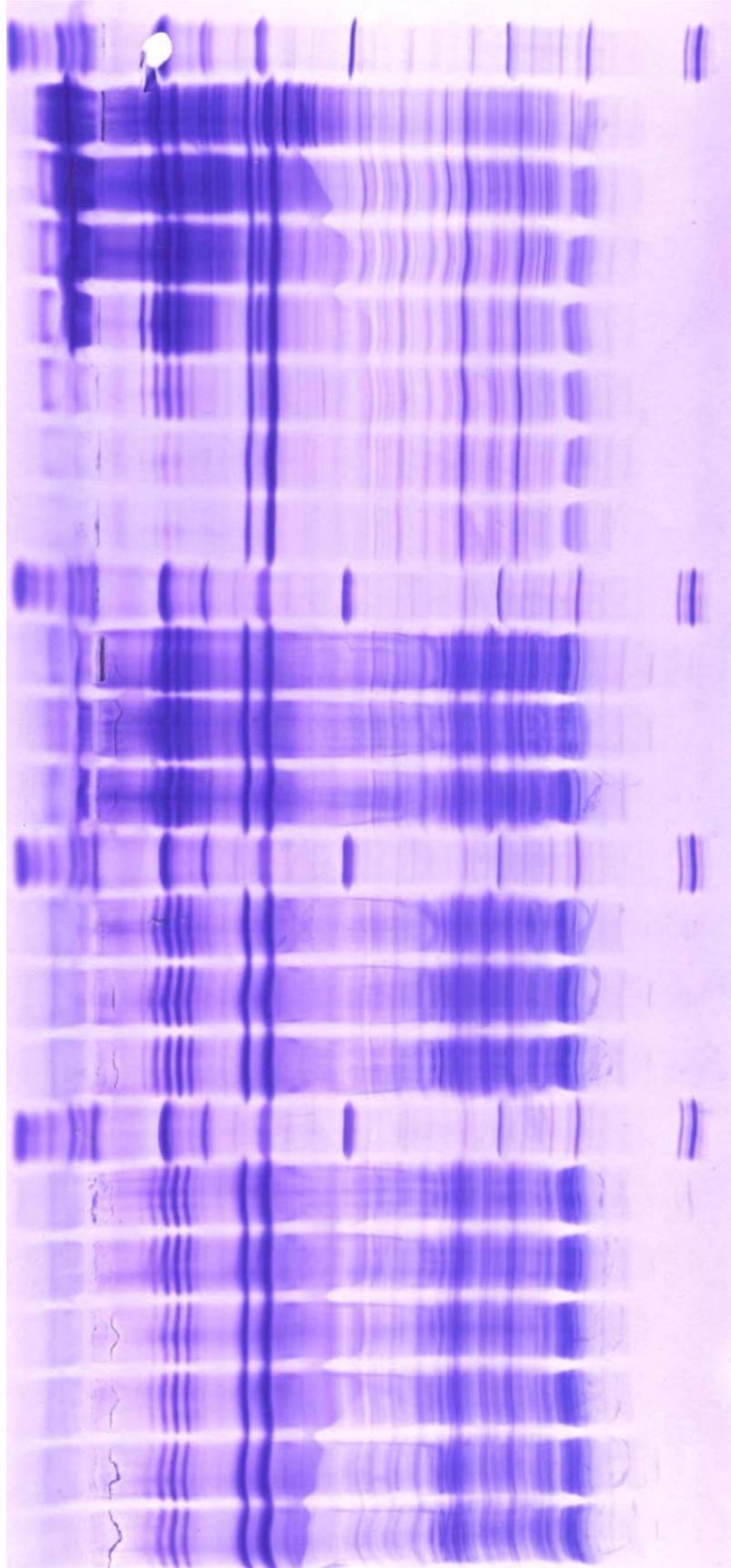


Abbildung 21: IEF geräucherter Forellen (2. Versuchsreihe; RA012\_06C)

9,30 7,35 6,55 5,85 5,20 4,55 3,50 pI



Marker Pharmacia 3-10

Roh aus Vergleichsprobe

45°C

50°C

Rohextrakte

55°C

auf

60°C

X° C

65°C

erhitzt

70°C

Marker

126 R

Forellen

bei

127 R

50°C

geräuchert

128 R

Marker

131 R

Forellen

bei

132 R

55°C

geräuchert

133 R

Marker

136 R

136 L

Forellen

bei

137 R

60°C

geräuchert

137 L

138 R

138 L

Abbildung 22: IEF geräucherter Forellen (2. Versuchsreihe; RA012\_06D)

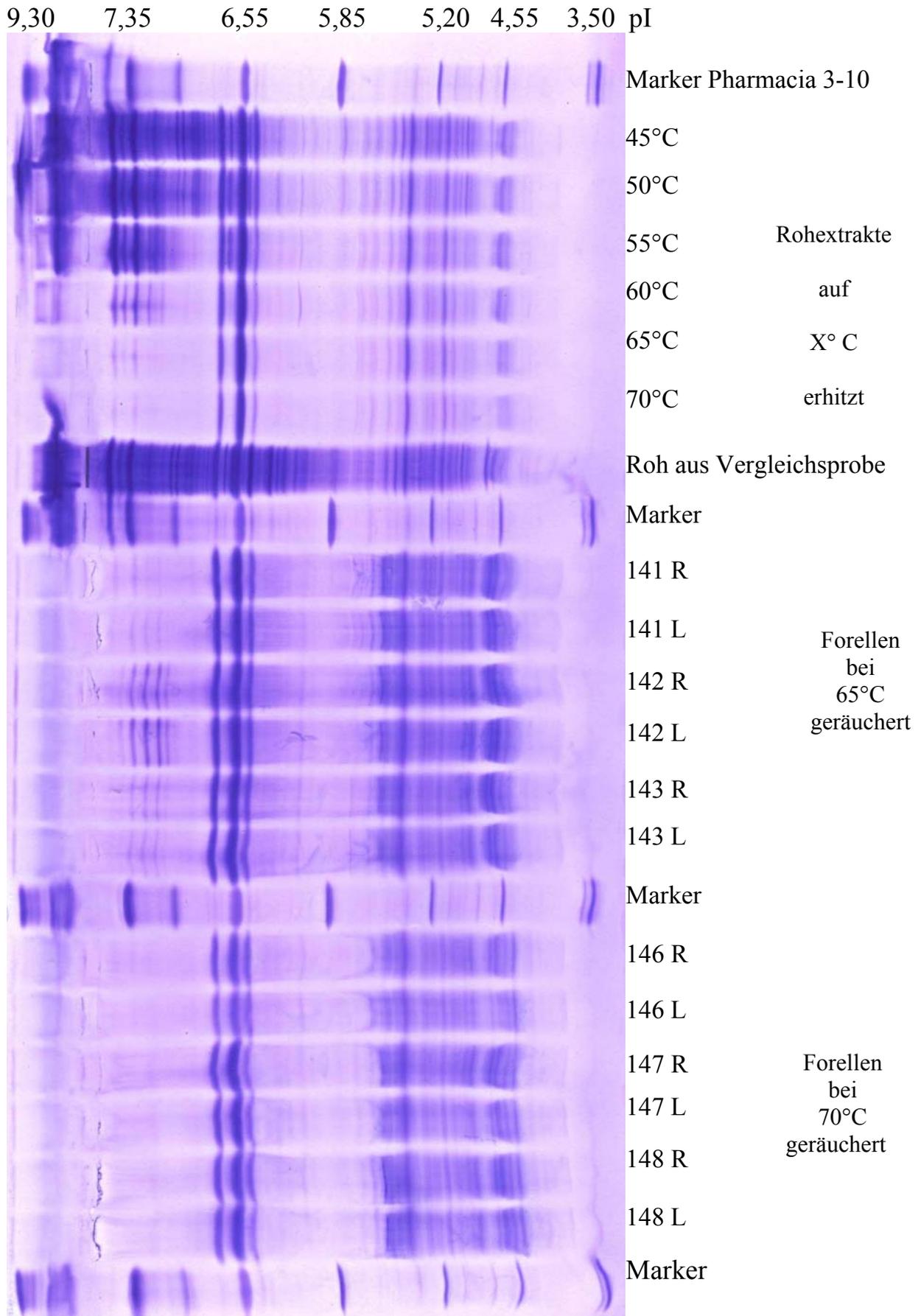
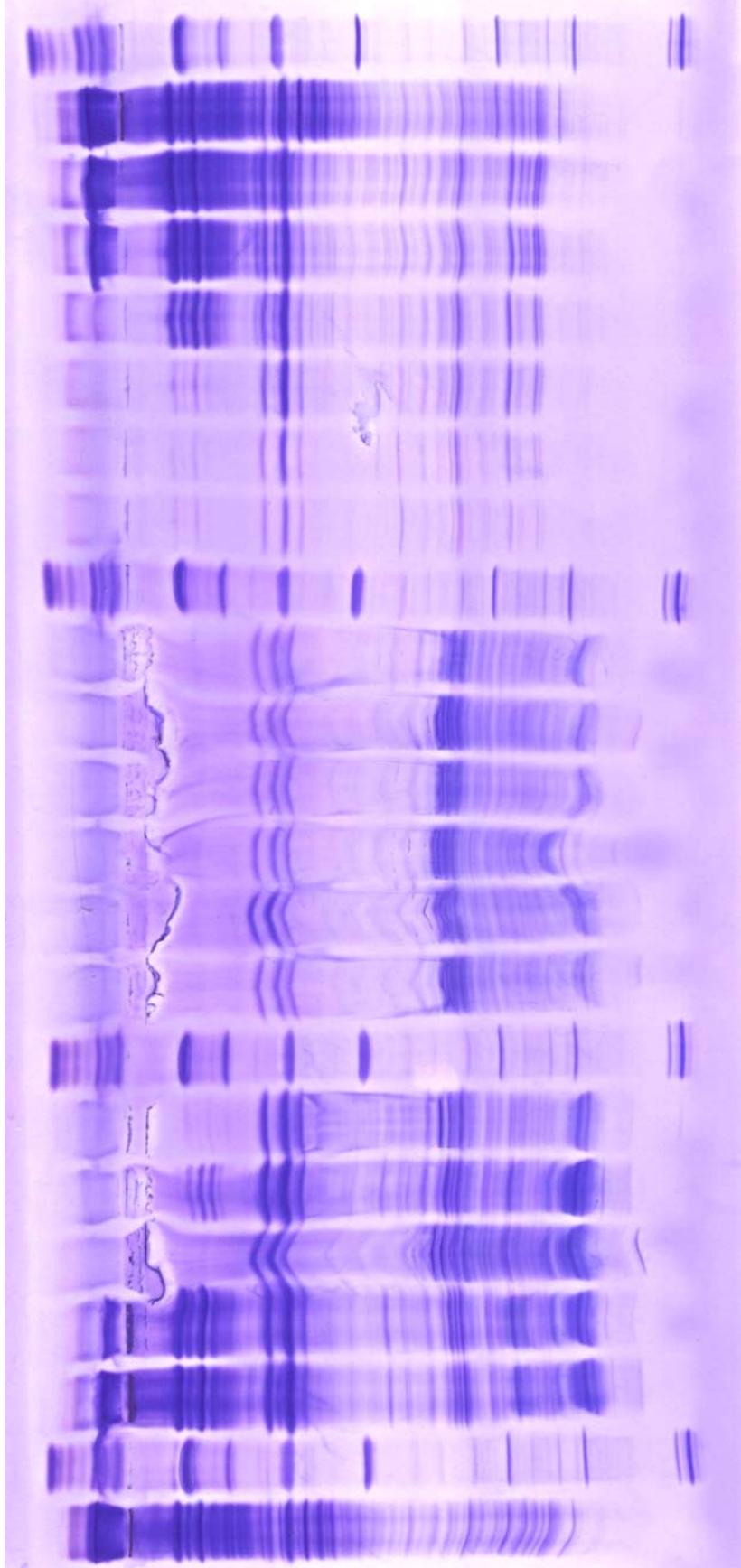


Abbildung 23: IEF geräucherter Forellen und Filets aus dem Handel (RA012\_06E)

9,30 7,35 6,55 5,85 5,20 4,55 3,50 pI



Marker Pharmacia 3-10

Roh 5µl zum Auftrag

50°C

55°C Rohextrakte

60°C auf

65°C X° C

70°C erhitzt

75°C

Marker

F5-1

F5-2 Forellenfilets

F5-3 Frühjahr 2006  
F=Filet

G5-1 G=Ganzfisch

G5-2

G5-3

Marker

0806/07

0806/08

0806/09 Handels-

0806/10 proben

0806/11

Marker

Roh

## Anlage 4: Sensorikbogen

### BIFOLA 2 Qualität und Haltbarkeit heißgeräucherter Forellen /Forellenfilets

Datum:.....Prüfer:.....Probe:.....

#### Äußere Beschaffenheit

Farbe:  ungleichmäßig     zu dunkel     zu blass     Verfärbungen  
 Leckstreifen     .....  
 fehlerlos

Haut:  trocken     ausgetrocknet, stumpf     rissig     geschrumpft  
 blasig     schmierig     Oberflächenbelag  
 schimmelig     beschädigt     fehlerlos     .....

#### Aussehen Fleisch

Farbe:  natur     lachsfarben     verblassend     Blutpunkte  
 .....

#### **Geruch**

typisch Räucherfisch  
(keine Abweichung)

0 100  
|.....I..... |

senfartig, silageartig

0 100  
|.....I..... |

modrig

0 100  
|.....I..... |

metallisch

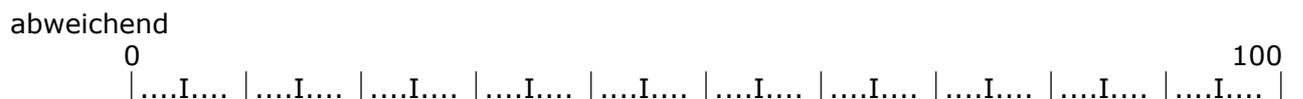
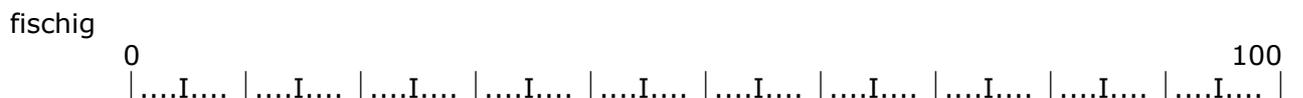
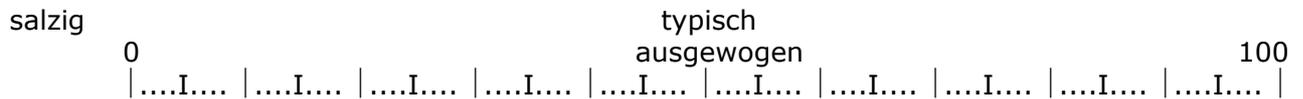
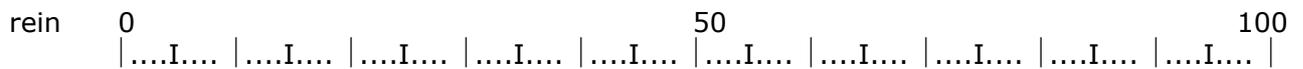
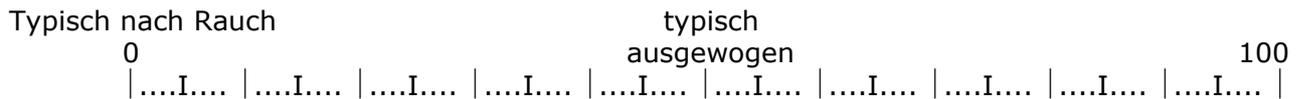
0 100  
|.....I..... |

abweichend

0 100  
|.....I..... |

Abweichung:     muffig     stechend     tranig     teerartig     sauer     .....

Geschmack



Abweichung:  muffig  stechend  tranig  bitter  sauer  teerartig  O.....

Konsistenz

