

Aus dem  
Institut für Lebensmittelhygiene  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

und dem

Max Rubner-Institut  
Bundforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel  
Institutsteil Fisch, Hamburg

**Untersuchungen zur saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von  
Zuchtforellen (*Oncorhynchus mykiss*) während der Eislagerung  
mittels der Qualitäts-Index-Methode (QIM) an Ganzfisch und  
der Sensorik gegarter Filetproben**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von

**Anke Kristina Wünnenberg**

Tierärztin aus Bochum

Berlin 2008  
Journal Nr.: 3248

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. L. Brunnberg  
Erster Gutachter: Prof. Dr. G. Hildebrandt  
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. J. Oehlenschläger  
Dritter Gutachter: Prof. Dr. Dr. F. Feldhusen

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

Oncorhynchus mykiss, rainbow trout, storage life, SHELF LIFE (FSTA), ice,  
quality control, freshness, fish, seasonal variation, sensory evaluation

Tag der Promotion: 28.10.2008

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-496-0

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2008**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© mbv 2008

Nordendstr. 75 - 13156 Berlin – 030-45494866

verlag@menschundbuch.de – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

**Meinen Eltern**



# Inhalt

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht.....</b>	<b>3</b>
2.1 Herkunft und Haltung von Regenbogenforellen.....	3
2.2 Produktion von Regenbogenforellen.....	4
2.3 Vermarktung von Forellen.....	4
2.4 Qualitätsbestimmende Merkmale bei Fischen .....	5
2.4.1 Fischfleischqualität.....	6
2.4.2 Qualitätsmerkmale bei Süßwasserfischen.....	7
2.4.3 Einflussfaktoren auf die Fleischqualität.....	8
2.4.3.1 Ernährung von Forellen.....	8
2.4.3.2 Alter und Geschlecht der Fische.....	11
2.4.3.3 Umweltbedingungen.....	12
2.4.3.4 Licht als Einflussfaktor.....	13
2.4.3.5 Betäubungsverfahren.....	15
2.4.3.6 Lagerung des Fleisches.....	16
2.5 Kriterien der „Frische“.....	17
2.5.1 Mechanismen des Verderbs.....	18
2.5.2 Beurteilung des Frischegrades von Fischen.....	20
2.5.2.1 Chemische Methoden zur Frischebestimmung.....	20
2.5.2.2 Physikalische Methoden zur Frischebestimmung.....	22
2.5.2.3 Mikrobiologische Frischebestimmung.....	24
2.6 Der Begriff der Sensorik.....	25
2.6.1 Sensorische Frischebestimmung.....	26
2.6.2 Sensorischer Qualitätsverlust.....	31
2.6.3 Sensorische Untersuchungen mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM)	32
2.7 Die Haltbarkeit von Frischfisch.....	35
2.8 Eislagerung von frischem Fisch.....	36
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>38</b>
3.1 Material.....	38
3.1.1 Art und Herkunft, Fang und Schlachtung der Fische.....	38
3.1.2 Futtermittel.....	38
3.1.3 Temperatur und pH-Wert des Wassers in Erdteichen und Halterungsbecken.....	39
3.1.4 Geräte, Instrumente und Zubehör.....	40

3.2	Methodik.....	40
3.2.1	Transport und Lagerungsbedingungen der Fische.....	40
3.2.2	Bestimmung der biologischen Kenngrößen Gewicht und Fischtesterwert.....	41
3.2.3	Sensorische Untersuchungen.....	41
3.2.3.1	Angewendete Methoden zur Qualitätsbestimmung.....	41
3.2.3.2	Durchführung der sensorischen Prüfung.....	41
3.2.3.3	Frischegradbestimmung der Regenbogenforellen mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM).....	42
3.2.3.4	Durchführung der Kochprobe-Sensorische Profilprüfung (SPP).....	44
3.2.4	Ermittlung des pH-Werts.....	46
3.2.5	Bestimmung des Flüssigkeitsverlusts durch Garen von Fischfilets.....	47
3.2.6	Methoden der statistischen Analyse.....	47
3.2.6.1	Test auf Normalverteilung.....	47
3.2.6.2	Datenvorbereitung.....	48
3.2.6.3	Statistische Verfahren.....	48
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>51</b>
4.1	Prä-Analysen.....	51
4.1.1	Homogenitätsanalyse und Indexbildung bei der Sensorischen Profilprüfung (SPP).....	51
4.1.2	Kontrolle des Fischgewicht-Einflusses auf die Studienergebnisse.....	54
4.2	Frischegradbeurteilung des Ganzfisches mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM).....	56
4.2.1	Frischegradbeurteilung mittels QIM in Originalfassung und in modifizierter Fassung.....	56
4.2.2	Vergleich der Qualitätsindices in Originalfassung und in modifizierter Fassung.....	62
4.3	Sensorische Beurteilung der Filets durch die Sensorische Profilprüfung (SPP).....	63
4.4	Vergleich zwischen Qualitäts-Index-Methode und Sensorischer Profilprüfung sowie Informationsbeiträge der physiko-chemischen Parameter.....	76
4.5	Physiko-chemische Eigenschaften der eisgelagerten Fische.....	88
4.5.1	Fischtester-Wert.....	88
4.5.2	pH-Wert.....	90
4.5.3	Kochwasserverlust.....	91

4.6	Vergleich der Haltbarkeit der Fische.....	93
4.6.1	Einfluss der Saison.....	94
4.6.2	Einfluss des Fischgewichts.....	97
<b>5.</b>	<b>Diskussion und Schlussfolgerungen.....</b>	<b>98</b>
5.1	Material und Methoden.....	98
5.2	Ergebnisse.....	99
5.2.1	Frischegradbestimmung mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM).....	99
5.2.2	Prüfschemata.....	100
5.2.3	Vergleich zwischen den Qualitätsindices $QI_{\text{original}}$ und $QI_{\text{modifiziert}}$ .....	102
5.2.4	Frischegradbestimmung mittels Sensorischer Profilprüfung (SPP)...	103
5.3	Gegenüberstellung von Qualitäts-Index-Methode (QIM) und Sensorischer Profilprüfung (SPP).....	105
5.4	Einfluss des Fischgewichts auf die Haltbarkeit der Fische.....	106
5.5	Eignung der physiko-chemischen Parameter zur Frischegradbestimmung...	107
5.5.1	Fischtester-Wert.....	107
5.5.2	pH-Wert.....	108
5.5.3	Kochwasserverlust.....	108
5.6	Schlussfolgerungen über die Ergänzung von physiko-chemischen Parametern sowie von Parametern der Sensorischen Profilprüfung (SPP) zur Qualitäts-Index-Methode (QIM).....	109
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>111</b>
<b>7.</b>	<b>Summary.....</b>	<b>114</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>117</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>140</b>

## Abkürzungsverzeichnis

A.	Aeromonas
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
BELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BHA	Butylhydroxi-Anisol
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMA	Dimethylamin
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FAO	Food and Agriculture Organization of the United States
FIZ	Fisch-Informationszentrum
FT	Fischtester
IMP	Inosinmonophosphat
I.U.	International Units
KWV	Kochwasserverlust
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
mod.	modifiziert
NIRS	Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie
Ps.	Pseudomonas
QI	Qualitätsindex
QIM	Qualitäts-Index-Methode
SPP	Sensorische Profilprüfung
SPSS	Superior Performing Software System
SSO	specific spoilage organism
TMA	Trimethylamin
TMA-O	Trimethylaminoxid
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TVB-N	Total-Volatile-Basis-Nitrogen
UNO	United Nations Organization
VO	Verordnung
WHO	World Health Organization



## 1 Einleitung

Der Konsum an Fisch und Fischerzeugnissen pro Person nahm in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) von 13,5 kg im Jahre 1995 auf 16 kg im Jahre 2007 zu. Forellen besaßen dabei laut Fisch-Informationszentrum Hamburg (FIZ, 2007) einen Anteil von 4,1 % im Jahr 2005. Der ansteigende Pro-Kopf-Verbrauch an Fisch belegt die grundsätzliche Beliebtheit dieses Lebensmittels in der BRD.

Die Weltfischfangerträge stagnieren seit Jahren und werden der sich erhöhenden Nachfrage nach Fisch nicht gerecht. Vor dem Hintergrund dieser Situation gewinnt die Aquakultur (kontrollierte Aufzucht in Fischzuchtanlagen, Teichen und Käfiganlagen) für die Ernährung einer ständig wachsenden Erdbevölkerung an Bedeutung.

Der Produktionsanteil von tierischen Organismen aus der Aquakultur macht derzeit ca. 29 % der gesamten weltweiten Fischerträge aus. Nach Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) kann sich der globale Anteil der Fischproduktion aus Aquakulturen in den kommenden zehn bis fünfzehn Jahren auf bis zu 50 % erhöhen.

Den größten Marktanteil sowohl in der Binnenfischerei als auch in der Aquakultur nehmen mit Abstand die Forellenfische (Salmonidae) ein, zu denen die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) zählt. Die Produktion von Regenbogenforellen ist in Deutschland in den Jahren von 1995 bis 2005 um 11 % auf 19.995 Tonnen angestiegen; zusätzlich wird jährlich eine noch größere Menge (20.000-25.000 Tonnen) importiert (BLE, 2006). Dabei stellt die Angebotsvariante „frische Forelle“ ein beachtliches Marktsegment dar.

Die Forellenteichwirtschaft gewinnt nicht nur in quantitativer Hinsicht an Bedeutung, auch hat sich die Qualität der Fische erheblich verbessert, speziell aufgrund des professionellen Betriebes der Fischzuchtanlagen einschließlich der Wasserversorgung, der optimierten Futtermittelzusammensetzung, der Zuchtauswahl sowie begleitender Maßnahmen zur Pflege der Fischgesundheit.

Fisch stellt eine schmackhafte Alternative zum Fleisch terrestrischer Tiere dar. Als leicht bekömmliche Kost ist er von hohem diätetischen Wert aufgrund des geringen Fettgehalts, des günstigen Fettsäuremusters mit vergleichsweise hohen Konzentrationen an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, des Gehalts an essentiellen Elementen wie Jod und Selen sowie eines relativ hohen Proteingehalts (GROPP und SCHUMACHER, 1995).

Fisch lässt sich industriell nur in einwandfreier Qualität vermarkten, und Frische spielt dabei eine wesentliche Rolle. Grundvoraussetzung für die Erlangung und Aufrechterhaltung des geforderten Frischezustands bis zur Verarbeitung sind einwandfreie hygienische Konditionen bei adäquater Eislagerung.

Für die Frischebeurteilung gilt nach HOOTMAN (1992) die sensorische Bewertung als die wichtigste Methode im gesamten Fischsektor. Das derzeit in Europa angewendete sensorische Qualitätsklassifizierungsschema von rohem Ganzfisch – nach Verordnung (EG) Nr. 2406/96 - genügt aufgrund der heute benötigten deutlich detaillierteren Angaben über die Qualität des Fisches sowie den daraus gewonnenen Erzeugnissen nicht mehr den gestiegenen Anforderungen.

Mit der zunehmenden Nachfrage gewinnt die Haltbarkeit von eisgelagertem Fisch an Bedeutung. Intention dieser Arbeit ist die Darstellung jahreszeitlich bedingter Unterschiede in der Haltbarkeit von Regenbogenforellen auf Eis, wobei sich der Fokus primär auf die sensorische Untersuchung richtet. Als Methode findet hierzu das in Dänemark von dem Dänischen Institut für Fischereiforschung, DIFRES (heute: DTU Aqua), Lyngby, entwickelte Qualitäts-Index-Methoden-Schema (QIM) für Forellen (HYLDIG und FOSCHI, 2006) Anwendung. Daneben kommt das Bewertungsschema für gegarte Forellen des Max Rubner-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institutsteil Fisch, Hamburg, in Form eines Beurteilungsbogens zum Einsatz.

Zur Untersuchung der saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von Regenbogenforellen auf Eis ist zur Wahrung gleicher Rahmenbedingungen bei den Eislagerversuchen während aller vier Jahreszeiten darauf geachtet worden, Exemplare aus derselben Fischzuchtanlage (G. Reese, Sarlhusen, Schleswig-Holstein) zu verwenden.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Herkunft und Haltung von Regenbogenforellen

Ursprünglich lag das Verbreitungsgebiet der Regenbogenforelle in Nordamerika; in Deutschland wurde die Forelle erstmals um 1880 in Form von Fischlaich eingeführt. Die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) gehört zu der Familie der Forellenfische (*Salmonidae*) aus der Ordnung der Lachsartigen (*Salmoniformes*). Bis in die achtziger Jahre hinein wurde die Regenbogenforelle noch unter der Bezeichnung *Salmo gairdneri* in der wissenschaftlichen Literatur geführt (SMITH und STEARLY, 1989). Es existieren zwei Formen von *Oncorhynchus mykiss*, die sich in ihrer Lebensweise sehr unterscheiden. Die stationäre Form „Shasta-Forelle“, die in Seen und Fließgewässern lebt und sich dort fortpflanzt und die anadrome Wanderform „Steelhead“, die den größten Teil im Meer verbringt und zum Laichen ins Süßwasser zurückkehrt.

Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit ist die Regenbogenforelle heute eine der wichtigsten Fischarten der Aquakultur geworden aufgrund ihrer großen Anpassungsfähigkeit an gegebene Teichbedingungen, ihrer guten Futtermittelverwertung sowie ihres schnellen Wachstums.

Forellen zählen zu jenen Fischen der Aquakultur, die in Gefangenschaft zwar ihre volle Laichreife erlangen, jedoch hier nicht ablaichen. Daher werden die Eier der Weibchen (Rogner) von Menschenhand abgestreift und künstlich besamt. Die benötigten Setzlinge werden entweder in den Fischproduktionsbetrieben selbst erbrütet bzw. von externen Zuchtbetrieben erworben.

Forellen werden primär in Erdteichen aufgezogen; einige Betriebe nutzen zu diesem Zweck auch Fließkanäle und Rundstromteiche oder -becken. Weitere Teichwirtschaftsformen sind Siloanlagen, Hochbecken und Netzgehege, die in Deutschland jedoch eher ungebräuchlich sind. Bei Erdteichen wird zwischen extensiven und intensiven Wirtschaftsformen unterschieden, die sich in der Haltungsdichte wesentlich voneinander unterscheiden. Bei extensiv arbeitenden Unternehmen kann der Besatz 3-5 kg/m<sup>3</sup> betragen, die Intensivhaltung kann dagegen 50 kg/m<sup>3</sup> noch überschreiten.

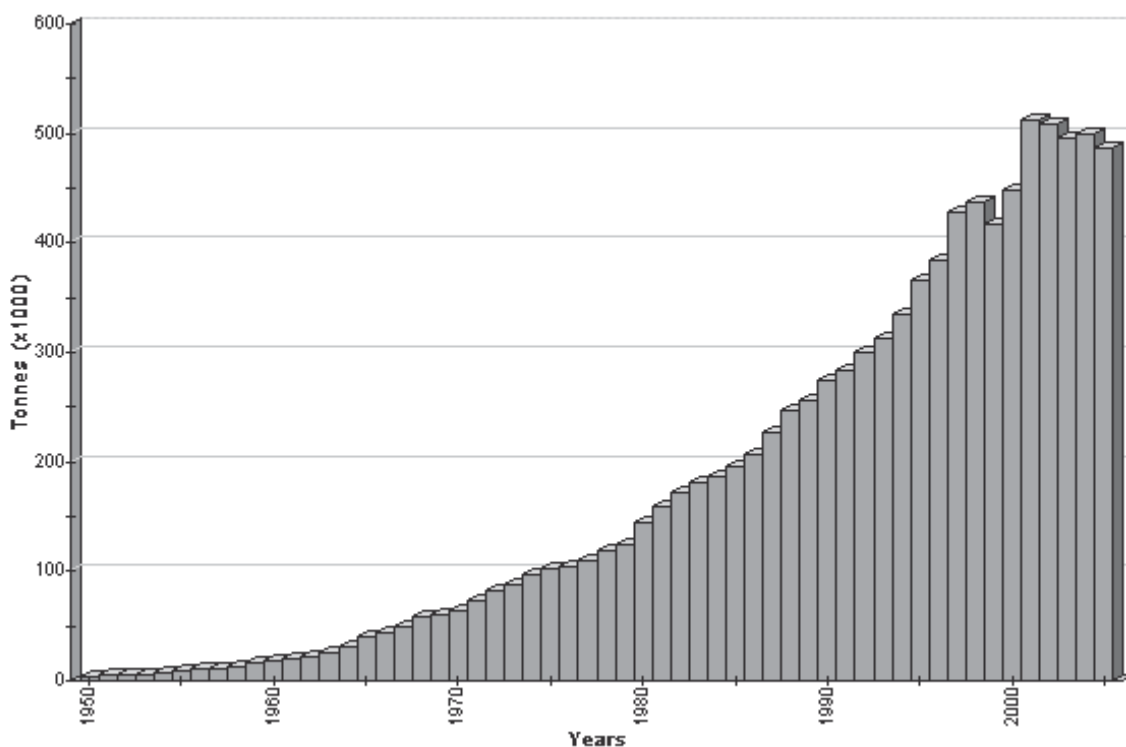
Typische Standorte der Forellenteichwirtschaft sind an Quellen bzw. an saubere Fließgewässer gebunden. Das Zulaufwasser für die Forellenzucht weist im Optimum eine Wassertemperatur zwischen 10 °C und 15 °C auf, der pH-Wert variiert zwischen 6,0 und 8,5. Der Sauerstoffgehalt soll möglichst in der Nähe des Sättigungswerts liegen, d. h. je nach Wassertemperatur zwischen 9 und 11 mg/l.

Laut Fischinformationszentrum, Hamburg, erreichen Regenbogenforellen eine maximale Länge von 70 cm bei einem Gewicht bis zu 7 kg.

## 2.2 Produktion von Regenbogenforellen

Gemäß Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen (FAO) ist die weltweite Produktion von Regenbogenforellen seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts exponentiell gestiegen. Europa und neuerdings auch Chile verzeichnen z. Zt. die größten Zuwachsraten. Die Gründe für dieses Wachstum liegen im Wesentlichen in den erhöhten Inlandsproduktionen der Länder Frankreich, Italien, Dänemark, Deutschland und Spanien für die eigenen Binnenmärkte sowie in der zunehmenden Bedeutung der Marikulturen Chiles und Norwegens, deren Erträge primär für den Export bestimmt sind. Chile ist z. Zt. der größte Produzent von Regenbogenforellen vor den Ländern Norwegen, Frankreich, Italien, Spanien, Dänemark, USA, Deutschland, Iran und England.

Abb. 1: Weltweite Produktion von *Oncorhynchus mykiss* in Aquakultur (FAO, 2008)



## 2.3 Vermarktung von Forellen

Fischerzeugnisse werden angeboten als frischer, ganzer, filetierter, konservierter und tiefgefrorener Fisch, der gegart, gekocht, gebacken, gebraten, gegrillt oder geräuchert verzehrt werden kann.

Die Forelle wird ab einem Alter von neun Monaten vermarktet, jedoch wird das handelsübliche Minimalgewicht von 280-400 g erst nach 12-18 Monaten erreicht.

Die Schlachtgewichte variieren weltweit. So wird die Forelle beispielsweise in den USA mit 450-600 g, in Europa mit 1-2 kg, in Kanada, Chile, Norwegen, Schweden und Finnland mit 3-5 kg vorzugsweise gehandelt.

Bei der Fleischfarbe bestehen ebenfalls gewisse Präferenzen. Die USA bevorzugen weiße Muskulatur im Gegensatz zu Europa, das stärker rosafarbenes Fischfleisch nachfragt, insbesondere bei der Verarbeitung zu Räucherware. Ungeachtet der Fleischfarbe besteht in diesen Ländern generell ein ständiger Bedarf an Forellen aufgrund des zarten nahrhaften und wohlschmeckenden Fleisches zu einem bezahlbaren Preis.

## **2.4 Qualitätsbestimmende Merkmale bei Fischen**

Im üblichen Sprachgebrauch ist unter Qualität die Gesamtheit der Eigenschaften eines Erzeugnisses zu verstehen, die den Eignungsgrad für einen gegebenen Verwendungszweck bestimmt. In der Fachliteratur existieren verschiedene Konkretisierungen des Qualitätsbegriffs bei Lebensmitteln. Allen gemein sind ihnen nach BIESALSKI und GRIMM (1999) die nachstehenden Kriterien:

- Gesundheitswert (Nährstoffwert, Kaloriengehalt, Verdaulichkeit, Sättigungswirkung, Bekömmlichkeit, Keimgehalt, Toxizität);
- Genusswert (Aussehen, Farbe, Form, Geruch, Geschmack, Konsistenz);
- Eignungswert (Sortierung nach Art und Größe, Schneidfestigkeit, Ertrag (Ausbeute, Abfall)), Lagerfähigkeit;
- ideeller Wert (Prestige, religiöse und ethische Werte, psychologischer Aspekt).

Die qualitätsbestimmenden Merkmale eines Fisches (Aussehen, Körperzusammensetzung und Fleischbeschaffenheit) werden zum einen beeinflusst durch physische Faktoren wie Geschlecht, Alter und genetische Veranlagung (LOVE, 1992; WEDEKIND, 1995a) und zum anderen durch die Lebensbedingungen der Fische wie Wasserqualität und Wassertemperatur, Besatzdichte, Zusammensetzung des Futters, Ausnüchterungszeit, Stress vor der Schlachtung, Schlachtverfahren sowie die weitere Verarbeitung und Lagerung.

Als in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die natürlichen Bestände die weltweite Nachfrage nach Fischprodukten nicht mehr abdeckten, erkannte man die Notwendigkeit, die Aufzucht in industriellen Aquakulturen zu forcieren. Diese Entwicklung ermöglicht eine größere Einflussnahme des Menschen auf den Lebenszyklus des Fisches

und somit auch auf den Fisch als Lebensmittel. Die Fähigkeit, die Fütterung zu steuern und Krankheiten bei bestimmten Fischarten zu behandeln, hat zu einer größeren Homogenität des Produkts geführt (ROBB, 2002). Die verbesserten Lebensbedingungen der in Aquakultur gehaltenen Tiere resultieren in einer höheren Produktqualität, über die letztlich auch die angestrebte Rentabilität eines fischereilichen Unternehmens realisiert werden kann.

Das Erscheinungsbild des Fisches ist von eminenter Bedeutung bei der Beurteilung dieses Produkts, weil der Verbraucher dazu neigt, sich aufgrund des Aussehens für bzw. gegen einen Fisch auszusprechen (Indikatorfunktion).

Analoges gilt für das Aroma, denn der Konsument hält sich unwillkürlich vom Kauf zurück, sobald ein wahrgenommener Geruch und Geschmack von seiner persönlichen Vorstellung abweichen (MEYER und WEINDLMAIER, 1988). Desgleichen spielt die Textur eine entscheidende Rolle bei der Kaufentscheidung, denn eine mit Mängeln behaftete Konsistenz führt gleichfalls zu einer Ablehnung des Produkts, zumindest temporär (CARDELLO, 1994).

#### **2.4.1 Fischfleischqualität**

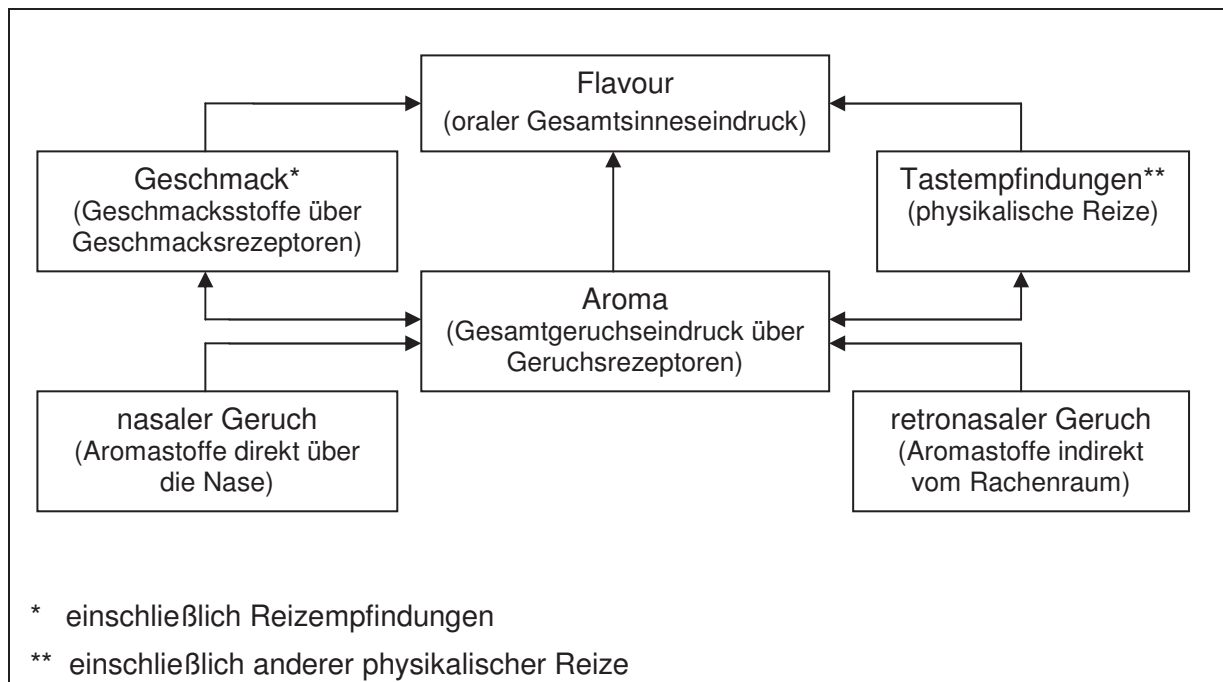
Der Verbraucher stellt besonders hohe Anforderungen an die Qualität von Fischfleisch. Dabei bilden Geschmack und Nährwert wesentliche Kriterien für die Akzeptanz dieses Lebensmittels.

Über seine Sinneseindrücke beurteilt der Konsument eine gegebene Fleischqualität subjektiv. Beim Verzehr entsteht ein oraler Gesamtsinneseindruck, den die englische Sprache mit dem Begriff „Flavour“ abdeckt. Nach Norm DIN 10950, Teil 1, bedeutet Flavour die Summe olfaktorischer (geruchlicher), gustatorischer (geschmacklicher), thermischer und haptischer (Tast- und Temperaturempfinden) Eindrücke im Mund des Konsumenten.

Der Begriff „Off Flavour“ bezeichnet negative sensorische Wahrnehmungen von artfremden, atypischen Geruchs- und Geschmacksstoffen, die bei der sensorischen Prüfung von Lebensmitteln auftreten können.

Das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren bei der Bildung von „Aroma“ und „Flavour“ ist in Abbildung 2 dargestellt.

**Abb. 2:** Zusammenwirken verschiedener Teilfaktoren bei der Ausbildung von „Aroma“ und „Flavour“ (ROTHER, 1978; JELLINEK, 1981)



## 2.4.2 Qualitätsmerkmale bei Süßwasserfischen

Die Qualitätsmerkmale bei Süßwasserfischen unterteilen sich in äußere und innere Kriterien (vgl. Tab. 1). Zu den äußeren Kriterien zählen Aussehen und Körperzusammensetzung (z.B. Abschätzung des Muskelanteils), zu den inneren Bewertungskriterien gehören Fleischbeschaffenheit und Fleischqualität.

Die Fleischbeschaffenheit lässt sich nach chemischen (Wasser-, Eiweiß-, und Fettgehalt) und physikalischen Merkmalen (pH-Wert, Wasserbindungsvermögen, Festigkeit und Farbe/Helligkeit des Fischfleisches) bemessen. Zur Bestimmung der Fleischqualität existieren technologische (Räucher-, Gar-, Gefrier-, und Kühllagerverlust) und sensorische Parameter (Farbe/Helligkeit, Geruch, Geschmack und Konsistenz) (WEDEKIND, 1995c).

Im Hinblick auf Merkmalsveränderungen bei den essentiellen Qualitätsmerkmalen Textur, Farbe, Fettgehalt, Fettsäurezusammensetzung ist zu konstatieren, dass diese von umweltbedingten Einflussfaktoren wie Fütterung, Haltungsumwelt, Schlachtung und der späteren Verarbeitung sowie tierbedingter Einflussfaktoren wie genetische Veranlagung, Alter, Geschlecht, Geschlechtsreifezeitpunkt und Stressanfälligkeit beeinflusst werden (WEDEKIND, 1995c).

Tab. 1: Äußere und innere Qualitätskriterien bei Süßwasserfischen (WEDEKIND, 1995c)

Äußere Kriterien		Innere Kriterien	
Aussehen	Körperzusammensetzung	Fleischbeschaffenheit	Fleischqualität
Stückmasse	Korpulenz	<u>chemisch:</u>	<u>technologisch:</u>
Sortierung	Kopfanteil	Wassergehalt	Räucherverlust
Unversehrtheit	Ausschlachtung	Eiweißgehalt	Garverlust
Frische	Innereienanteil	Fettgehalt	Gefrierverlust
Körperfarbe	Schlachtverlust		Kühlagerverlust
	Filetanteil		Farbhaltung
		<u>physikalisch:</u>	<u>sensorisch:</u>
		pH-Wert	Farbe/Helligkeit
		Wasserbindung	(subjektiv)
		Festigkeit (roh)	Geruch
		Farbe/Helligkeit	Geschmack
		(instrumentell)	Konsistenz
			(verarbeitet)

### 2.4.3 Einflussfaktoren auf die Fleischqualität

#### 2.4.3.1 Ernährung von Forellen

Im Hinblick auf ihre Ernährungsweise werden Fische in verschiedene Gruppen subsumiert; zu unterscheiden ist hierbei zwischen Fleischfressern (Karnivoren), Pflanzenfressern (Herbivoren) und Allesfressern (Omnivoren).

Die Forelle zählt zu den fleischfressenden Salmoniden, sie ist neben dem verwandten Atlantischen Lachs einer der bedeutendsten Speisefische der europäischen Aquakultur. Bedingt durch die relativ kleine Resorptionsfläche des kurzen Magen-Darmtrakts ist die Forelle als Raubfisch auf hochwertiges Futter angewiesen. In freien Gewässern ernährt sie sich überwiegend von Wasserinsekten, Insektenlarven, Krebsen und kleineren Fischen.

Dagegen werden in Aquakulturen gehaltene Salmoniden überwiegend mit industriell hergestelltem Pelletfutter kontrolliert ernährt. Die gewählten Pelletgrößen sowie deren Inhaltsstoffe richten sich nach dem jeweiligen Alter und der Größe der Fische. Das Fischfutter besteht vornehmlich aus Fischmehl und Fischöl, wie es von der marinen



Industriefischerei bezogen wird; ein geringfügiger Futteranteil setzt sich aus pflanzlichen Komponenten zusammen.

Für das Fischwachstum bildet das Futtereiweiß die wichtigste organische Verbindung, die im Darm zu Aminosäuren abgebaut, absorbiert und zu körpereigenem Eiweiß synthetisiert wird. Brutfutter enthält üblicherweise 50%-60% Proteinanteile, Mastfutter 40%-45%.

Die Aufnahme von Fett ist bedeutsam als energiereichste Futterkomponente, darüber hinaus verbessert sie auch die Verwertung des Futters. Eine übermäßige Energiezufuhr durch Fett kann jedoch, speziell bei unzureichender Sauerstoffversorgung der Fische, zu vermehrter Fettablagerung im Muskelgewebe und zu unerwünschten Fettdepots führen. Im Brutfutter liegen die durchschnittlichen Rohfettgehalte zwischen 10% bis 15%, im Mastfutter zwischen 20% bis 25%. Der Fettgehalt der Fische selbst hängt dabei ab von der jeweiligen Fischart, vom Reifezyklus, von der Fresszeit, vom Nahrungsangebot und von den Nahrungsgewohnheiten (HAMRE et al., 2003).

Mit Fett angereicherte Futterrationen führen bei Regenbogenforellen zu Filets mit höherem Fettgehalt. Im Gegensatz dazu lässt sich beim Proteingehalt keine wesentliche Steigerung über die Fütterung erzielen (ALSTED, 1989).

Bei Salmoniden ist die Verdauung von Kohlenhydraten aufgrund geringer Enzymaktivität eingeschränkt. Auf dieses Defizit lässt sich durch Darreichung extrudierter Futtermittel positiv Einfluss nehmen. Im Mittel liegen die Kohlenhydratwerte bei 10%-15% im Brutfutter und bei 15%-25% im Mastfutter.

Im Hinblick auf die Gewichtszunahme bei Forellen gilt, dass pro zusätzliches Kilogramm Lebendmasse ein Futteraufwand von 1 bis 1,4 kg zu erbringen ist.

Neben der Bedeutung als Nahrungsmittel kommt dem Futter noch eine zweite Funktion zu, indem die Fleischfarbe und Fleischhelligkeit beeinflusst werden. Diesen Effekt bewirken die Farbstoffe im Futter. Die Farbe des Fischmuskels wird insbesondere geprägt von den Hauptfarbstoffgruppen Myoglobin, Carotin und Melanin.

Myoglobin ruft, abhängig von seiner Konzentration, eine unterschiedlich rötliche Färbung der Muskulatur hervor. Weißes Fischfleisch besitzt einen Myoglobingehalt von 0,1 bis 0,2 mg/g Fischgewicht, dunkles Fischfleisch weist dagegen einen Gehalt von 3 bis 6 mg/g Fischgewicht auf (TERNES, 1990). Bedingt durch den unterschiedlichen Myoglobingehalt innerhalb der Fischarten entsteht helleres bzw. dunkleres Filetfleisch. So haben dunkle Fische wie Hering und Makrele einen 10%igen Anteil von dunklem Fleisch, beim Kabeljau findet sich ein deutlich geringerer Anteil dunklerer Muskelpartie unter der Haut (BELITZ et al., 2001).

Gelbfärbende Carotine bilden einen weiteren Hauptfarbstoff. Sie werden über die Nahrung aufgenommen und überwiegend in das Fett- und Muskelgewebe des Fisches eingelagert. Die unerwünschte Gelbfleischigkeit tritt v. a. als Folge der Verfütterung von Mais auf. Bei einer Untersuchung von SKONBERG et al. (1998) wurde festgestellt, dass diese

Farbgebung durch Beimischung von canthaxanthinhaltigem Futter überdeckt werden konnte, so dass es von nun an möglich war, Maiskleber problemlos weiter zu verfüttern.

Melanin als eine weitere farbgebende Substanz liegt nur in der Haut der Fische vor.

Die zu den Salmoniden (Lachsartige) gehörenden Regenbogenforellen können Farbstoffe in ihrer Muskulatur einlagern. Dabei wird die rötliche Färbung des Forellenfleisches hervorgerufen durch sauerstoffhaltige, rote beta-Carotinoide in konzentrierter Form. Es handelt sich nach HOPPE (1972) dabei überwiegend um die Carotinoide Echinenon, Canthaxanthin und Astaxanthin. Laut CHOUBERT und LUQUET (1983) gelangen diese Farbstoffe primär über die Aufnahme von Zooplankton und kleinen Crustaceen in die Muskulatur.

Die Bezeichnung des Farbstoffs Astaxanthin leitet sich her von dem Bachflohkrebs *Astacus gammavus*, dem Hauptnahrungsmittel der wildlebenden Forelle. Industriell hergestellten Futtermitteln wird aus Kostengründen häufig das preiswertere Xantophyll Canthaxanthin zur gewünschten Rotfärbung beigemischt.

Die bei Lachsforellen intendierte ausgeprägte Rotfärbung lässt sich ebenfalls durch die Aufnahme konzentrierter Farbstoffe im Futter sowie über die Fütterungsdauer erzielen (REITER, 1999). Demzufolge wird bei den Lachsforellen im Vergleich zu allen anderen Forellen Futter in höherer Farbstoffkonzentration gereicht.

Astaxanthin ist EU-weit als Futterzusatzstoff für Lachs und Forellen ab einem Alter von 6 Monaten in einer Konzentration bis zu 100 mg pro kg Allein-Futtermittel, Canthaxanthin bis zu 25 mg/kg Futter unbefristet zugelassen.

Fehlfärbungen sind bei der Applikation mit Farbstoffen versetztem Futter nicht auszuschließen. Anstelle der angestrebten Rotfärbung kann es dann zu einer unerwünschten Gelbfleischigkeit kommen, hervorgerufen durch gelbe Carotinoide. Diese Carotinoide werden nach DEUFEL (1975) über höhere Pflanzen und Algen dem Fischkörper zugeführt. Dazu trägt insbesondere das Lutein (Dihydroxy- Carotin) der Grünpflanzen bei. Dieses Lutein kann auf unterschiedliche Weise in die Muskulatur und in das Fettgewebe des Fisches gelangen. Das ausgeprägte Fressverhalten der Forelle fördert dabei die Aufnahme des Blattcarotinoids Lutein, da die Forelle, im Gegensatz zu anderen Fischarten (z.B. Karpfen), auch nach Blüten und kleineren Blättern schnappt, die ihrer natürlichen Beute ähnlich sehen. Die Gelbfleischigkeit von Forellen tritt ebenfalls auf, wenn diese zusammen mit Karpfen gehalten werden, weil das Karpfenfutter, das die Forellen mit aufnehmen, hohe Konzentrationen an Lutein enthält.

Einige Crustaceen, die einen hohen Gehalt an Lutein in ihrem chitinosen Exoskelett besitzen, werden auch von Forellen gefressen (GOODWIN, 1971). Große Mengen an Lutein

befinden sich desgleichen in Grünalgen, welche die Forellen während des Sommers als Nahrung aufnehmen.

Eine Gelbfärbung des Fischfleisches kann auch noch post mortem eintreten, hervorgerufen durch die Oxidation der Carotinoid-Pigmente (COLBY et al., 1993).

#### **2.4.3.2 Alter und Geschlecht der Fische**

Fische wachsen ständig während ihres gesamten Lebens, wobei sich bei zunehmendem Alter auch die Körperkomposition verändert. Dabei treten nicht nur Veränderungen der Proportionen und der geweblichen Zusammensetzung auf, es ergeben sich auch Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit und somit in der Produktqualität (REINITZ, 1983). Mit zunehmendem Alter reduziert sich der Wassergehalt im Gesamtkörper der Fische mit der Folge, dass sich der Fettanteil in aller Regel erhöht (MORAWA, 1962; LAINE und GYLLENBERG, 1969; TIEWS et al., 1973; DENTON und YOUSEF, 1976; ELLIOTT, 1976; KLUPP und RANFFT, 1977; MURRAY et al., 1977; PAPOUTSOGLOU und PAPOUTSOGLOU, 1978b; STEFFENS, 1979; WEDEKIND, 1995c).

Die Untersuchung des Proteingehalts führte je nach Gewichtsklassen zu widersprüchlichen Ergebnissen. So verzeichneten KLUPP und RANFFT (1977) sowie ELLIOTT (1976) einen Anstieg des Eiweißgehalts bei zunehmendem Gewicht. Die Recherchen von TIEWS et al. (1973), LAINE und GYLLENBERG (1969) ergaben dagegen ein Absinken des Proteingehalts mit zunehmendem Gewicht. Nach STEFFENS (1979) verblieb der Anteil des Proteins in der Wachstumsphase konstant.

Wachstum und Anteil des verwertbaren Gewebes (Filet) werden wesentlich beeinflusst durch das Geschlecht der Tiere und das erreichte Alter bei Eintritt der Geschlechtsreife.

Bei Forellen tritt die Geschlechtsreife differenziert nach Geschlechtern zu unterschiedlichen Zeitpunkten ein. Männliche Tiere (Milchner) werden in der Regel früher geschlechtsreif. Ihre Fortpflanzungsfähigkeit erreichen sie im zweiten Lebensjahr mit der Folge, dass nun ein erheblicher Teil der aus dem Futter gezogenen Energie in die Ausbildung der Gonaden fließt. Ab diesem Stadium wird das somatische Wachstum deutlich beeinträchtigt. Die weiblichen Forellen (Rogner) erlangen erst im dritten Lebensjahr ihre Geschlechtsreife.

Das Einsetzen der Geschlechtsreife stellt auch einen wesentlichen Faktor für die Qualitätsveränderung der Fleischbeschaffenheit dar. In diesem Stadium bilden sich signifikante Unterschiede heraus zwischen den Geschlechtern bezüglich des Geruchs, der Farbe, der Textur und auch im Hinblick auf den Geschmack. Es kommt zu Qualitätsabweichungen, deren Intensität durch die biologischen Prozesse in den jeweiligen Phasen des Sexualzyklus bestimmt wird.

Während eines Versuchs über die sensorische Beurteilung von Welsen mit eindeutiger Differenzierung der Geschlechter konstatierte WEDEKIND (1995c) einen ausgeprägten Geschlechtergeruch. Desgleichen fand er eine stärkere Farbgebung der Filets bei den Milchnern der Welse und einen kräftigeren Geschmack der Filets im Vergleich zu den Rognern. Die Filets der Weibchen fielen zarter aus in der Textur. Der Autor unterstrich die Bedeutung dieser Kriterien, da sich die bestellten Prüfer in ihrer Bewertung ausschließlich an der gegebenen Ausprägung vorgegebener Merkmale orientierten (Intensität des Geruchs, der Farbe, der Zartheit und des Geschmacks), ohne dabei einer persönlichen Präferenz nachzugeben.

In einer sensorischen Untersuchung an Karpfen kam das Institut für Binnenfischerei Potsdam, Berlin, zu einer günstigeren Bewertung der Qualität von Rognerfilets (WEDEKIND, 1995b). Aufgrund der helleren Farbe und des ansprechenderen Geruchs des examinierten Fleisches gelangten die Prüfer zu ihrer positiven Einschätzung der Qualität.

Im Zuge der weiteren Geschlechtsreife kommt es bei Rognern i. d. R. zu einer Reduzierung des Filet-Fettgehalts; bei den männlichen Tieren nehmen die Filets eine dunklere Färbung an (WEDEKIND, 1995c).

Hieraus ergibt sich die Empfehlung für einen zügigen Mastverlauf, um die Vermarktung vor Eintritt der reproduktiven Phase vorzunehmen.

### **2.4.3.3 Umweltbedingungen**

Fische sind wechselwarme Tiere, deren Körpertemperatur sich an die sie umgebende Wassertemperatur anpasst. Da sich Wassertemperatur und Aktivität der Fische gegenseitig bedingen, zeigen die Tiere - je nach Jahreszeit - eine adaptierte Aktivität. Forellen verfügen über eine relativ moderate Temperaturtoleranz (9 °C bis 17 °C) beispielsweise im Vergleich zu Karpfenartigen, die in Temperaturverhältnissen von 0,5 °C bis 30 °C leben können.

Entsprechend ihren Lebensgewohnheiten hat jede Fischart ihre eigene Temperaturpräferenz. Forellen bevorzugen Temperaturen von 10 °C bis 15 °C, Karpfen dagegen 19 °C bis 24 °C. Ein Überschreiten dieser Temperaturen beeinträchtigt das Wohlbefinden der Fische, da in diesem Falle der Sauerstoffgehalt des Wassers bei zunehmender Wassertemperatur kontinuierlich abnimmt. Sobald die Wassertemperatur unter 4 °C liegt, hören die Forellen auf, Futter zu verzehren.

Bei einem extremen Temperaturwechsel bzw. wesentlich erhöhten oder niedrigeren Temperaturen können Stressreaktionen eintreten, die im Extremfall zum Tode der Fische führen.

In der Literatur lassen sich z. T. widersprüchliche Angaben über den Einfluss von Wassertemperaturen auf das Wachstum der Fische finden.

So konstatierten PAPOUTSOGLOU und PAPOUTSOGLOU (1978a) bei unterschiedlichen Wassertemperaturen (8 °C +/- 0.5, 11 °C +/- 0.5, 14 °C +/- 0.5, 17 °C +/- 0.5, 20 °C +/- 0.5) ein stärkeres Wachstum der Forellen bei ansteigenden Temperaturen, bis sie bei 17 °C +/- 0.5 ihr Maximum erreichten. Bei noch höheren Wassertemperaturen reduzierte sich das Wachstum dann wieder.

Laut HOKANSAN et al. (1977) liegt das optimale Forellenwachstum in einem Wassertemperaturbereich zwischen 17.2 °C und 18.6 °C.

Untersuchungen von WEATHERLEY et al. (1979) ergaben ein stärkeres Wachstum der Regenbogenforellen bei einer Wassertemperatur von 12 °C im Vergleich zu 16 °C.

Die Wassertemperatur beeinflusst auch die chemische Zusammensetzung des Fischfleisches. PAPOUTSOGLOU und PAPOUTSOGLOU (1978a) stellten fest, dass bei zunehmender Halterungstemperatur der Wasser- und Proteingehalt der Fische geringer wurde. MURRAY et al. (1977) konstatierten eine Zunahme des Fettgehalts der Fische bei ansteigender Temperatur.

Fische, die bei 11 °C gehalten werden, weisen einen niedrigeren Fett- und höheren Wassergehalt auf als Fische bei einer Wassertemperatur von 20 °C (REINITZ und HITZEL, 1980).

Die Gewichtsentwicklung der Fische hängt auch von der Besatzdichte ab. Eine generelle Empfehlung oder eine Anleitung für eine optimale Besatzdichte kann jedoch nicht gegeben werden aufgrund der vorherrschenden heterogenen Bedingungen in den verschiedenen Aquakulturen bezüglich des Alters der Fische, deren physischer Kondition sowie der Wasserqualität.

Bekannt ist aus der Literatur, dass eine zu geringe Populationsdichte zu Störungen im Sozialverhalten der Tiere führt, die sich bei adulten Salmoniden, Aalen und Welsen in einer erhöhten Aggressivität, in Revierkämpfen und auch in Kannibalismus manifestieren können (HOFFMANN und OIETMANN, 1997).

#### **2.4.3.4 Licht als Einflussfaktor**

Fische unterliegen einem zirkannualen Rhythmus in ihrer Fortpflanzungsaktivität unter dem Einfluss gegebener Tageslichtdauer (Photoperiode) und Temperatur.

In Mitteleuropa fällt die natürliche Laichzeit der Regenbogenforelle in die Monate Dezember bis März. Durch Anwendung künstlichen Lichts in der Fischzucht lassen sich Futteraufnahme, Geschlechtsreife und Laichzeitpunkt sowie das Wachstum der Fische manipulieren.

So zeigt der in Meerwasserkäfigen unter natürlichen Lichtverhältnissen aufgezogene Atlantische Lachs saisonal bedingte Unterschiede bei der Futteraufnahme und somit auch in seinem Wachstum (SMITH et al., 1993; TARANGER, 1993; FORSBERG, 1995; KADRI et al., 1997). Dieses Verhalten wird wesentlich beeinflusst von sich verändernden Lichtverhältnissen und der Lichtzeitdauer (ERIKSSON und LUNDQUIST, 1982; SMITH et al., 1993; TARANGER, 1993; FORSBERG, 1995). Kontinuierliches Licht oder verlängerte Lichtzeiten fördern das Wachstum der Atlantischen Lachse in Süßwasser (SAUNDERS et al., 1985; VILLARREAL et al., 1988; SAUNDERS et al., 1989; SAUNDERS und HARMON, 1990; STEFANSSON et al., 1991; SOLBAKKEN et al., 1994) als auch in Meerwasser (SAUNDERS und HARMON, 1988; KRAKENES et al., 1991; ENDAL et al., 1991; TARANGER et al., 1991; HANSEN et al., 1992; TARANGER et al., 1995).

Eine Studie von OPEDAL et al. (1997) stellte den Einfluss einer kontinuierlichen Zusatzbeleuchtung von unterschiedlicher Intensität auf das somatische Wachstum und auf die sexuelle Entwicklung der Atlantischen Lachse dar. In diesem Experiment wurden die Fische auf vier kommerzielle Käfige verteilt und dabei natürlichem Licht bzw. mit zusätzlichen Lichtquellen von niedriger, mittlerer und starker Intensität (1400 Lux/dunkel; 1400 Lux/27 Lux; 1400 Lux/1400 Lux) während der Tages- und der Nachtzeit ausgesetzt. Die Zuwachsrate korrelierte dabei mit dem Ausmaß des künstlichen Lichts, wobei die Intensität des aufgebrachten Lichts durch das Verhältnis aus künstlichem Tageslicht zu künstlichem Nachtlicht beeinflusst wurde. Das Wachstum trat dabei nicht als kontinuierlicher Prozess ein, sondern in Form einer abgestuften Reaktion, die durch die unterschiedlichen Lichtverhältnisse ausgelöst wurde. Das niedrigste Tag- / Nachtlichtverhältnis (1400 Lux: 1400 Lux) ergab dabei die höchste Wachstumsrate. Im Gegensatz dazu zeigten jene juvenilen Lachse, die in Süßwasser unter künstlichen Lichtverhältnissen, die einer natürlichen Photoperiode von 27, 335 oder 715 Lux entsprechen, aufgezogen wurden, keinerlei Unterschiede in der Wachstumsrate (STEFANSSON et al., 1993).

Dieser Versuch belegt den Einfluss des Lichts auf das Wachstum der Tiere, ein Effekt, der aus dem Verhältnis des in unterschiedlicher Intensität aufgebrachten Tages- und Nachtlichts entsteht und nicht etwa durch die absolute Lichtintensität.

Konträr zu dem Körperwachstum aufgrund unterschiedlicher Lichtverhältnisse wurde bei der Entwicklung der Geschlechtsreife bei Fischen keine Abstufung festgestellt. Ein verzögerter Eintritt der Geschlechtsreife trat bei jenen Fischen ein, die künstlich zusätzlichem Licht ausgesetzt waren. Hieraus lässt sich ableiten, dass der Schwellenwert der Lichtintensität auf die sexuelle Reife niedriger sein kann als jener Wert, der die Wachstumsrate beeinflusst (OPPEDAL et al., 1997).

### 2.4.3.5 Betäubungsverfahren

Fisch soll möglichst stressfrei gefangen werden. Derartige Belastungen bewirken einen erhöhten Verbrauch an Energiereserven, in dessen Folge der Verlauf der Totenstarre beeinträchtigt wird, so dass sich das Wasserbindungsvermögen des Fischfleisches verringert und Gewebswasser verstärkt austritt. Dabei reduziert sich die Festigkeit in der Textur, und ein Gewichtsverlust kann bei der Verarbeitung eintreten, speziell während des Gefrierens und des Räucherns. Die in diesem Zusammenhang ausgelösten physikalischen Prozesse führen zu einer Qualitätsminderung und beeinträchtigen auch die Haltbarkeit der Fische (WEDEKIND, 1995).

Der Modus eines angewendeten Betäubungsverfahrens (per Kopfschlag, elektrisch, chemisch, mittels Kohlendioxids, durch Entbluten, durch Wasserentzug, mit Zuhilfenahme von Salz oder einigen Kombinationen hieraus) beeinflusst die Reaktionsweise der Fische in der Weise, dass sich das jeweilige Betäubungsverfahren auf die Qualität des erzeugten Produkts auswirken kann (WEINZIERL, 1996; SENGMÜLLER-SIEBER, 1999).

Einige der angewendeten Betäubungsmethoden führen zu keinem unmittelbar eintretenden Bewusstseinsverlust und verursachen hierdurch Stress und aversives Verhalten der Tiere (ROBB et al., 2002). Die Effizienz einer gewählten Betäubung ist abhängig von der Fangtechnik sowie von der relevanten Fischart, ebenso von der Größe der gefangenen und zu verarbeitenden Fischmenge (BRETZINGER, 2001; OETINGER, 2003).

OETINGER (2003) untersuchte bei Regenbogenforellen die Betäubungsverfahren Nelkenöl im Betäubungsbad, Butylhydroxi-Anisol (BHA) und Kopfschlag bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Reduzierung von Stressfaktoren und die Produktqualität. Mittels Bestimmung der Blutparameter Hämatokrit und der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin sowie durch Aufzeichnung von Verhaltensänderungen der Forellen während der Betäubung wurde die Stressauswirkung auf die Fische erfasst. Die Qualität des Fischfleisches wurde per sensorischer Tests, visueller Begutachtung des Fischkörpers sowie mittels Messung der Nelkenölkonzentration im Fischplasma ermittelt. Sämtliche Betäubungsverfahren eigneten sich, die Fische schnell und stressfrei zu betäuben; typische Stresssymptome traten dabei nicht auf. Auch die relevanten Blutparameter blieben unauffällig. Geschmacksabweichungen „nach Nelke“ wurden bei der sensorischen Bewertung jener Fische festgestellt, die per Nelkenöl betäubt worden waren. Die Fischkörper wiesen keine erkennbaren Veränderungen auf.

Eine weitere Studie (VAN DE VIS et al., 2003) analysierte verschiedene Betäubungsverfahren bei Atlantischen Lachsen, Goldbrassen und Aalen ebenfalls im Hinblick auf die Produktqualität. In einem Vergleich zwischen einer Kohlendioxid-Betäubung und einer Betäubung per Kopfschlag (percussive stunning) zeigten sich bei Atlantischen

Lachsen keine signifikanten Unterschiede in der sensorischen Bewertung gegarter Filets, weder im Aroma noch in der Textur.

Als man die Lachse per Kopfschlag betäubte, konnten diese im Vergleich zu jenen Tieren, die durch Wasserentzug betäubt worden waren, ihren Frischezustand über einen längeren Zeitraum bewahren. Bei einem Vergleich der Betäubungsarten Elektroschockverfahren versus Kohlendioxid-Betäubung wiesen die Lachse keine wesentlichen Unterschiede in der Textur auf. Allerdings traten je nach Stromspannung, Applikationsdauer und Frequenz Blutspuren im Fischmuskel auf.

Bei den Goldbrassen waren ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der sensorischen Bewertung der Fische feststellbar, die entweder durch Kälteschockbad oder per Kopfschlag betäubt worden waren.

Per Elektroschockverfahren mit Stickstoffeinleitung betäubte Aale waren später als heiß geräucherte Filetstücke deutlich fester und härter in der Textur, als jene Aale, die im Salzbad betäubt wurden.

Unter ethischem Aspekt sowie einzuhaltender tierschutzrechtlicher Vorschriften ist nach VAN DE VIS et al. (2003) sowohl bei Atlantischen Lachsen als auch bei Goldbrassen und Aalen ein schneller Eintritt der Bewusstlosigkeit mit dem Elektroschockverfahren gegeben, sofern die relevanten Konditionen eingehalten werden. Dabei erweist sich die Elektrobetäubung mit zusätzlicher Stickstoffeinleitung bei den Aalen als die effizientere Variante.

#### **2.4.3.6 Lagerung des Fleisches**

Eislagerzeiten verursachen prinzipiell eine kontinuierliche Reduzierung des Wasserbindungsvermögens sowie der Fleischkonsistenz. Hierin begründet liegt der Haupteinfluss für die postmortal abnehmende Fleischqualität (WEDEKIND, 1995).

Das unverzügliche Ausnehmen der Fische sowie die vorschriftsmäßige Eislagerung führen laut TOWNLEY und LANIER (1981) und BILINSKI et al. (1983) zu einer retardiert einsetzenden sensorischen Veränderung.

HANSEN (1963) konstatierte, dass sowohl runde als auch ausgenommene Forellen die Verderbgrenze nach 9 Tagen erreichten. Ausgenommene Forellen wiesen dabei Verfärbungen im Bereich der Bauchlappen auf, die oxidativ begründet waren. Ebenso ergaben sich Abweichungen im Geruch. Runde Forellen zeigten Auflösungsprozesse im Abdomen.

In der Untersuchung von RODRIGUEZ et al. (1999) verloren die ausgenommenen Forellen ihre Frischemerkmale bereits ab dem 6. Eislagertag, zu einem Zeitpunkt, an dem die Fische sensorisch noch gar nicht als verdorben wahrgenommen wurden.



## 2.5 Kriterien der „Frische“

Die Entscheidung des Verbrauchers für ein bestimmtes Nahrungsmittel wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Frische ist bei dem Produkt Fisch von eminenter Wichtigkeit und bezieht sich sowohl auf eine bestimmte Qualitätseigenschaft als auch auf einen gegebenen Zeitraum. „Frische bedeutet bei Fisch, dass er in allen Eigenschaften nicht weit von denen entfernt ist, die er in eben dem Augenblick besaß, als er gefischt oder getötet wurde oder, dass erst eine kurze Zeitspanne vergangen ist, seit er gefangen oder geerntet wurde.“ (OEHLENSCHLÄGER, 1997).

Diese Aussage verdeutlicht, dass Frische kein leicht zu bestimmendes Merkmal ist. Von daher schlägt OEHLENSCHLÄGER (1997) vor, den Begriff Frische insoweit einzugrenzen, als zwischen der Frische zum Zeitpunkt des Fischfanges bzw. der Ernte ( $Frische_{t=0}$ ) und der Zeitspanne direkt danach ( $Frische_{t>0}$ ) zu differenzieren ist.

Grundsätzlich sollen nach OEHLENSCHLÄGER (1997) verschiedene Kriterien erfüllt werden, um einen Fisch als frisch bezeichnen zu können:

- der Fisch sollte sich im prae-rigor bzw. im Rigor mortis befinden, oder er sollte nur eine kurze Zeit im Stadium des post-rigor sein, bis er vermarktet bzw. verarbeitet wird
- die sensorische Beurteilung sollte hinsichtlich des Aussehens, Geschmacks, Geruchs und der Textur sehr gut ausfallen;
- flüchtige Verbindungen wie Trimethylamin (TMA), Dimethylamin (DMA) oder Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) sollten niedrig, der Trimethylaminoxid (TMA-O)-Gehalt sollte hoch sein;
- der charakteristisch frische Fischgeruch (z.B. nach Gurke, Algen, Meer) sollte dominieren, Fehlgeruch (Amine) sollte fehlen; ein typischer Fischgeruch sollte nicht vorliegen;
- der pH-Wert sollte deutlich unter 7,0 liegen;
- die Mikrostruktur des Fischgewebes sollte intakt sein;
- nur wenige Mikroorganismen sollten sich auf der Haut und den Kiemen befinden, die Muskulatur sollte frei von Mikroorganismen (steril) sein;
- der k- Wert sollte niedrig sein;
- die Proteinabbaurate sollte niedrig sein;
- Pro- und Antioxidantien sollten sich die Waage halten.

### 2.5.1 Mechanismen des Verderbs

Post mortem finden im Muskel des Fisches prinzipiell die gleichen Vorgänge statt wie in dem Fleisch von Warmblütern. Aufgrund des geringeren Glykogengehalts bei Fischen fällt der pH-Wert des Fleisches jedoch nur unwesentlich ab, die Totenstarre manifestiert sich hier eher moderat. Eine Reifung des Fleisches über eine längere Lagerungsdauer ist nicht gegeben.

Fische zählen zu den leicht verderblichen Lebensmitteln (KARNOP, 1982). Die Fischmuskulatur kann sich von Natur aus mit einem niedrigen Anteil an Bindegewebsfasern begnügen, weil der sie ständig umgebende Wasserdruck einen gewissen kompensierenden Effekt auf den Fischkörper ausübt. In der Fischmuskulatur befinden sich höhere Wasseranteile und auch mehr freie Aminosäuren im Vergleich zu Landtieren. Hierdurch begründet sind die Proteine des Fischfleisches instabiler als die der Säugetiere (PEDROSA-MENABRITO und REGENSTEIN, 1988).

Postmortal laufen bei Fischen biochemische Prozesse ab, welche die Qualitätsveränderungen zu Beginn der Lagerung bestimmen. Die biochemischen Reaktionen hängen dabei ab von der Fischart, von der physiologischen Kondition der Fische und von den Fang- und Schlachtbedingungen. Während des Fangvorgangs nimmt bereits der Gehalt an Ammoniumionen in der Fischmuskulatur zu und die Glykogenreserven verringern sich. Nach dem Eintritt des Todes setzt sich die anaerobe Glykolyse weiter fort und verursacht durch das gebildete Laktat in der Fischmuskulatur eine Senkung des pH-Werts. Wegen des fortschreitenden Energiedefizits sinkt die ATP-Konzentration, die Muskelfilamente verbinden sich dauerhaft und die Totenstarre tritt ein. Der Rigor mortis bleibt so lange bestehen, bis die Proteinstrukturen des Muskels durch fischeigene Proteasen abgebaut werden. Die Folge ist eine Abschwächung der Wasserbindungseigenschaften der fibrillären Eiweiße und eine dadurch verursachte Texturerweichung.

Fische mit höherem Fettanteil, wie beispielsweise die Forelle mit einem Fettgehalt von 1,2 % bis 10,8 %, unterliegen naturgemäß einem stärkeren Fettverderbsprozess als fettarme Fische wie z.B. Kabeljau mit einem Fettgehalt von lediglich 0,1 % bis 0,9 %.

Die Osmoregulation der Fische erfolgt über das Trimethylaminoxid (TMAO), das in deutlich höherer Konzentration vorliegt bei Salzwasserfischen als bei Süßwasserfischen (z.B. der Forelle). Beim mikrobiellen Abbau des TMAOs entsteht das „fischig“ riechende Trimethylamin (TMA).

Bei fachgerechter Lagerung der Fische vollzieht sich der Verderbsprozess in folgenden Schritten:

- Der charakteristische Geruch der Frische fehlt, jedoch lassen sich keine Veränderungen im Fleischgeschmack wahrnehmen. Die Konsistenz ist noch fest.

- Der ursprünglich süßlich-feine Geschmack und die Frische gehen verloren.
- Die ersten sensorischen Veränderungen treten auf. Bei Salzwasserfischen entsteht ein durch Bildung von TMA ausgelöster fischiger Geruch. Die Textur lässt in ihrer Festigkeit nach und wird wässrig, oder sie wird hart und trocken.
- Der Fisch wird ranzig und gilt als verdorben.

Bei Fischen werden post mortem mikrosomale Enzyme durch die glykolytische pH-Wert-Absenkung aktiviert und in der Muskulatur freigesetzt. Im Gegensatz zu Warmblütern ist bei Fischen die Konzentration des Enzyms Cathepsin höher und weist eine 10-fach größere Aktivität auf. Damit vollzieht sich der Abbau der strukturbildenden Proteine des Fischfleisches schneller (TÜLSNER, 1994). Neben diesem Prozess in der Muskulatur werden auch die Verdauungsenzyme des Darms (Pepsin, Trypsin, Erepsin) und der Pylorusanhänge freigesetzt (BAYLISS, 1996). Ferner werden Membranen zerstört, wodurch das Eindringen von Bakterien mit ihren proteolytischen Enzymen möglich wird. Die Aktivität der autolytischen Enzyme wird wenige Tage post mortem durch die zunehmende Aktivität bakterieller Enzyme übertroffen, so dass nun die mikrobiellen Fermente dominieren.

Niedermolekulare Verbindungen und leicht lösliche Proteine, die den Bakterien als Nährstoffe dienen, entstehen durch autolytische Prozesse (FRASER und SUMAR, 1989 a,b). Während des Verderbvorgangs werden die strukturbildenden Proteine durch bakterielle Proteasen zu Peptiden und Aminosäuren und schließlich zu Indolen, Aminen, Säuren und ihren Stickstoff- und Schwefelbestandteile abgebaut. Dieser Vorgang führt zu einer Texturerweichung.

Die Oxidation der Lipide kann sowohl enzymatisch als auch nicht-enzymatisch erfolgen (FRASER und SUMAR, 1989a). Lipasen spalten Fette in freie Fettsäuren, Glycerin und andere Fettbestandteile. Diese Abbauprodukte lassen sich sensorisch wahrnehmen und verursachen eine Qualitätsminderung. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der Salzwasserfische oxidieren leicht unter Sauerstoffeinfluss und ziehen geruchliche, geschmackliche und farbliche Abweichungen nach sich. Die freigewordenen Fettsäuren bilden dann freie Radikale, die ihrerseits eine Verbindung mit anderen Fettmolekülen eingehen, so dass Hydroperoxide entstehen. (KANNER und KINSELLA, 1983; BAYLISS, 1996). Diese Substanzen verursachen den ranzigen Geruch und Geschmack der Fischfilets (JOSEPHSON et al., 1987). Besonders augenfällig ist dieser Prozess an jenen Körperstellen, die dem Sauerstoff stärker ausgesetzt sind wie beispielsweise die Bauchlappenmuskulatur bei ausgenommenen Fischen (HANSEN, 1963). Die Carotinoide der Forellen mit ihrer antioxidantischen Wirkung hemmen die Bildung von Peroxiden. (BJERKENG und JOHNSON, 1995). Carotinoide können aber auch oxidieren und würden in dieser Situation eine Gelbfärbung des Fischfleisches verursachen (COLBY et al., 1993).

## 2.5.2 Beurteilung des Frischegrades von Fischen

Aufgrund der grundsätzlich geringen Haltbarkeit von Fisch und des damit verbundenen Risikos des einsetzenden Verderbs erhält die Fischfrische ihre besondere Bedeutung.

Zur Frischebeurteilung sind all jene Eigenschaften als Parameter geeignet, die sich nach dem Tod des Fisches mit fortschreitender Zeit verändern.

Da Frische keine feste Größe ist, mussten zunächst Frischegrade definiert werden, die einen degressiven Verlauf zeigen, gemessen ab der Eislagerung bis hin zur Verarbeitung.

Je nach Konservierungsart (Kühlen, Gefrieren, Salzen, etc.) und Zubereitung (thermische bzw. enzymatische Garung) treten beim Fisch spezifische Verderbsprozesse auf. Insofern ist es unerlässlich, präzise Methoden zur Frischebestimmung differenziert zu entwickeln und zu realisieren. Dabei ist prinzipiell zwischen „subjektiven“ sensorischen und apparatetechnischen Untersuchungsmethoden zu unterscheiden (BOTTA, 1995; SHADA und BOTTA, 1994; CONNELL, 1990; GILL, 1990; OEHLENSCHLÄGER, 1992).

Die Tauglichkeit von Fisch als Lebensmittel wird in erster Linie durch sensorische Parameter bestimmt (TÜLSNER, 1994). Mittels sensorischer Methoden beurteilen ausgewiesene Experten Aroma (Geruch und Geschmack), Aussehen und Textur (Konsistenz) an rohem bzw. gegartem Fisch. Laut TÜLSNER (1994) wird das Risiko divergierender Befunde unter den Experten durch propädeutische Übungen nivelliert.

Zu den objektiv-analytischen Untersuchungsmethoden zählen chemische, physikalische und mikrobiologische Bestimmungsverfahren. Diese objektiven Methoden dienen der Konkretisierung subjektiver Einschätzungen durch die Prüfer.

### 2.5.2.1 Chemische Methoden zur Frischebestimmung

Der Frischezustand des Fischfleisches verschlechtert sich nach KUNZ (1994) und PICHNER (1999) fortschreitend während des Verderbsvorgangs aufgrund chemischer und biochemischer Reaktionen, wie sie mittels chemischer Analyse einzelner Komponenten bzw. Komponentengruppen bestimmt werden können.

Unmittelbar nach dem Schlachten führt die Glykolyse im Fischfleisch zu einem vollständigen Abbau des Glykogens. Die Fleischnukleotide werden durch aktivierte fischeigene proteolytische Enzyme gespalten. Über ADP, AMP und IMP wird das ATP zu Inosin, Hypoxanthin und Ribose bzw. Ribosephosphat abgebaut (BEUTLING, 1992; STEPHAN und UNTERMANN, 1994). Die Konzentration an Hypoxanthin steigt dabei in den ersten Tagen der Lagerung an, bis sie schließlich im weiteren Verlauf der Lagerung wieder abnimmt. Somit kann diese Substanz als Frischeindikator verwendet werden.

Der postmortale ATP-Abbau zu Inosin und Hypoxanthin verläuft parallel zum Verlust an Frische. Zur Objektivierung dieser Entwicklung dient der K-Wert, der sich als Verhältnis der Konzentrationen von Inosin und Hypoxanthin zur Gesamtkonzentration der ATP-Metaboliten definiert. Da K-Wert und Frischegrad in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zueinander stehen, ist der Fisch umso frischer, je niedriger der K-Wert (angegeben in %) liegt (BERGANN und KLEEMANN, 1994). Diese Interdependenz ermöglicht eine relativ sichere Einschätzung des Frischezustands, wobei zu beachten ist, dass verschiedene Parameter wie Fischart und Schlachtmethode die Kurvenverläufe der K-Werte maßgeblich beeinflussen.

Über den Nachweis niedermolekularer stickstoffhaltiger Abbauprodukte lässt sich der Frischeverlust ebenfalls ermitteln.

Flüchtige stickstoffhaltige Basen, die insgesamt als Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) erfasst werden und zugleich eine Messgröße des Verderbs darstellen, werden durch den Abbau von Trimethylaminoxid (TMAO), schwefelhaltigen Aminosäuren, Kohlenhydraten (z.B. Laktose und Ribose), Nukleotiden (z.B. Inosinmonophosphat (IMP) und Inosin) und anderen Nicht-Protein-Stickstoffverbindungen gebildet. Die daraus entstandenen Produkte sind Trimethylamin (TMA), flüchtige schwefelhaltige Moleküle, Aldehyde, Ketone, Ester, Hypoxanthin und weitere niedermolekulare Stickstoffverbindungen. Sie werden den TVB-N zugeordnet.

Der TVB-N-Wert dient der Beschreibung des Geruchseindrucks eines Fisches. Bei der Bestimmung der Genussstauglichkeitsgrenze bildet die Ermittlung des TVB-N-Gehalts eine gängige Methode neben der organoleptischen Untersuchung (NIEPER und STOCKEMER, 1986). Mit fortschreitender Lagerzeit verstärkt sich die Geruchskomponente „fischig“, wobei Amine dieses Geruchsmerkmal verursachen, die sich ihrerseits mittels des TVB-N-Gehalts bestimmen lassen. Dieser Nachweis bietet sich bei vorliegenden geruchlichen Abweichungen an. Der TVB-N-Wert unterstützt ausschließlich einen gegebenen sensorischen Befund, ersetzt ihn jedoch nicht.

Die Erfassung des TVB-Werts wird oftmals praktiziert als unkomplizierte und schnell durchführbare Methode, deren Genauigkeit jedoch stets zu verifizieren ist. So können u. U. sog. Auswascheffekte bei kleineren Fischen dazu führen, dass zu geringe TVB-N-Werte ermittelt werden. Hinsichtlich der TMAO-Konzentration existieren auch innerhalb einer Fischart ausgeprägte Schwankungen, die folglich analoge Variabilitäten bei den TVB-N-Werten nach sich ziehen können. Für Fischarten mit nur geringem TMAO-Anteil, wie beispielsweise die Forelle, ist laut RODRIGUEZ et al. (1999) die Bestimmung des TMA-Gehalts eher ungeeignet zur Frischebestimmung. So lässt sich bei niedrigen TVB-N-Werten kein Rückschluss auf die Zeitdauer der postmortalen Phase des Fisches ziehen. Hohe TVB-N-Werte erhärten dann lediglich die Diagnose eines sensorisch bereits eingetretenen

Verderbs. Flüchtige basische Stickstoffverbindungen beim Süßwasserfisch werden erst messbar, sobald der Fisch verdorben ist (LEUPOLD, 1997).

Die EU-Kommission definierte im Jahr 1995 maximale TVB-N-Werte für verschiedene Fischgattungen (Entscheidung 95/149/EG).

### 2.5.2.2 Physikalische Methoden zur Frischebestimmung

Zu den physikalischen Messverfahren, die Informationen über den Frischestatus eines Fisches geben können, zählen u. a. die Messung des pH-Werts, die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit mittels Fischtester, der Torrymeter, die Messung der Muskelkonsistenz mittels „Texturometer“, die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens mit der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) und die spektroskopische Messung.

Der pH-Wert ist ein Parameter zur Beschreibung postmortaler Abläufe, die mit dem Verderbnisprozess des Lebensmittels Fisch korrelieren. Bei lebenden und frisch geschlachteten Fischen liegt der pH-Wert im schwach alkalischen bis neutralen Bereich. Nach der Schlachtung sinkt er durch die anaerobe Glykolyse aufgrund der Bildung von Laktat. Eine kontrollierte Eislagerung vorausgesetzt, vermindert sich der pH-Wert kontinuierlich, bis der End-pH-Wert bei ca. 6,5 erreicht ist. Im Zuge der Bildung flüchtiger basischer Komponenten während des einsetzenden Verderbs steigt der pH-Wert wieder an. Da dieser Vorgang verifizierbar ist, betrachten KIM (1984), SEBASTIO et al. (1996) und WEDEKIND (1999) den pH-Wert als geeigneten Maßstab für die Fischfleischqualität, was jedoch in der weiteren Fachliteratur keine uneingeschränkte Akzeptanz findet. So ermittelten MEYER und OEHLENSCHLÄGER (1996) in ihren Arbeiten am eisgelagerten Wittling (*Merlangius merlangus*) eine unzureichende Korrelation des pH-Werts der Filetmuskulatur mit der Eislagerzeit.

Eine Interdependenz existiert dagegen zwischen dem Ausmaß der Fleischsäuerung und der körperlichen Beschaffenheit des Fisches, des Futters, der Wassertemperatur, der Stresssituation vor dem Schlachten und der Lagerung. Laut PAUL und PALMER (1972) wirken sich diese Faktoren auf die Fleischqualität und somit auch auf die Haltbarkeit des Fisches aus. So führt eine reduzierte ebenso wie eine übermäßig starke Ansäuerung zu Mängeln in der Fleischqualität sowie zu einer geringeren Haltbarkeit.

Der pH-Wert besitzt nur relativ geringe Aussagekraft aufgrund der großen Variabilität der Einzelwerte und lässt sich von daher nur bedingt für die Bestimmung der Frischegrade anwenden. Geeignet ist der pH-Wert jedoch als zusätzliches Kriterium für die Entscheidung „verzehrfähig“ bzw. „nicht verzehrfähig“.

Prinzipiell gilt, dass ein Fisch, dessen pH-Wert sieben überschreitet, verdorben ist (OEHLENSCHLÄGER, 1997).

Die elektrische Leitfähigkeit des Fischmuskels, deren Ergebnisse mit den sensorisch festgestellten Frischegraden korrespondieren, kann mittels Fischtester und Torrymeter gemessen werden und zur Beurteilung struktureller Veränderungen im Gewebe genutzt werden. Der Parameter ist abhängig von den Kriterien Widerstand, Leitwert, Länge und Querschnitt des Leiters (Fischgewebes). Die unkomplizierte Anwendung dieser Geräte stellt einen beträchtlichen Vorteil dar, der jedoch in gewisser Weise relativiert wird aufgrund des Fehlens verwertbarer Ergebnisse von tiefgefrorenen/aufgetauten oder in Seewasser gelagerten Fischen.

Fischtester werden angewendet zur elektronischen Bestimmung der Fischfrische durch Messen des wechselnden Stromwiderstands. Der Wechselstrom-Widerstand der Fischmuskulatur verringert sich bei Zunahme der Zellwandpermeabilität, die nach Lagerung, Alterung oder eingetretener Fäulnis verstärkt einsetzt. Diese zunehmende Permeabilität bewirkt eine Abnahme des Frischegrades (WITTFOGEL und SCHLEGEL, 1965).

Die per Fischtester ermittelte Differenz der Widerstände zweier auf den Fisch einwirkender Wechselströme von ungleicher Frequenz dient als Grundwert der Frische. Aufgrund der Tatsache, dass bei frischem, unbeschädigten Fisch das Zellgefüge völlig intakt ist, können sich die kapazitiven Widerstandsanteile zu einem Gesamtwechselstromwiderstand über die Addition der einzelnen Zellen summieren. Nach Eintritt des Todes wird dagegen das Fischeiweiß durch körpereigene Enzyme und Bakterienaktivität kontinuierlich abgebaut, was eine größere Permeabilität zur Folge hat. Permeabilität und Konsistenz des Fischfleisches stehen wiederum in enger Korrelation zueinander. Insofern stellt die Textur als Kriterium für die Frischebestimmung ein weiteres Fischfrischemerkmal dar.

Zeitabhängig verändert sich postmortal die Muskelstruktur des Fisches, sie wird zunehmend weicher und ihr Wasserbindungsvermögen verringert sich. Texturmessungen mittels „Texturometer“ erlauben eine objektive Bewertung des Gefüges von Fischen und eignen sich zur Flankierung von Lagerungsuntersuchungen, um auftretende strukturelle Eigenschaften des Muskels zu erfassen.

Zur Frischebestimmung wird auch die Spektroskopie eingesetzt, ein Verfahren, das anhand des Spektrums (Farbzerlegung) von Lichtquellen untersucht, in welcher Wechselwirkung elektromagnetische Strahlung und Materie zueinander stehen.

Die Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) ist eine Analysetechnik auf Basis der Spektroskopie im Bereich des kurzwelligen Infrarotlichts. Mit ihrer Hilfe lässt sich das Wasserbindungsvermögen des Gewebes charakterisieren.

### 2.5.2.3 Mikrobiologische Frischebestimmung

Neben der sensorischen Frischebeurteilung wird in der Regel auch die Bestimmung des Keimgehaltes während der Lagerung vorgenommen. Angesprochen werden sollen hier die für die Fische relevanten Mikroorganismen in ihren Wirkungen auf den Frischegrad.

Im Wesentlichen besteht die Keimflora der Süßwasserfische aus psychrotrophen gram-negativen Mikroorganismen, wobei die Pseudomonaden (*Ps. fluorescens*, *Ps. putida* u. a.) und Aeromonaden (*A. hydrophila*) überwiegen. Ferner lassen sich Bakterien der Gattungen *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus* und *Bacillus* aus frisch gefangenem Fisch isolieren.

Bedingt durch die Abwasserbelastung unserer Binnengewässer nehmen Süßwasserfische außer den genannten Bakterien auch Enterobakterien (z.B. *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Proteus*) und *Clostridium perfringens* in ihrem Magen-Darm-Kanal auf (ABO-ELNAGA, 1980; STOJKOVIC-ATANACKOVIC und JEREMIC, 1986).

Desgleichen zählen Hefen zur charakteristischen Mikroorganismenbesiedlung (SCHIRRMACHER, 1975; HUSSAIN et al., 1976).

Das Ausmaß der Keimbelastung der untersuchten Fische ist abhängig von Art und Zustand der Gewässer, von der Jahreszeit, der Fangmethode sowie der Fischart.

Durch Anwendung mikrobiologischer Methoden kann die Frische von Fisch genauer bestimmt werden und somit auch die verbleibende Lagerfähigkeit. Die üblichen Methoden sind die direkte Auszählung der Keime und die indirekte Bestimmung, z.B. der kalorimetrische Nachweis von bakteriell verursachten chemischen Komponenten oder Reaktionen.

Autolytische Veränderungen in der Fischmuskulatur führen zum Verlust des charakteristischen Fischgeruchs und -geschmacks. Der weitere Verderb mit seinen damit einhergehenden unangenehmen Geruchsstoffen ist auf Mikroorganismen zurückzuführen. Dabei hängt das Verhältnis zwischen autolytischem und bakteriellem Verderb ab von der Anfangskeimbelastung und der Keimart, der Lagerungstemperatur sowie der Verpackungsart.

Bei der bakteriologischen Untersuchung von Frischfisch ist zu differenzieren zwischen der Primärflora, die sich auf bzw. im lebenden gesunden Fisch befindet, und der Sekundärflora, die nach der Schlachtung die Haut und die Muskulatur des Fisches besiedelt.

Die Sekundärflora besteht aus Bakterien, die während des Verderbs im Fischgewebe auftreten, ohne jedoch Verderbsprozesse auszulösen („spoilage association“), und aus Bakterien, wie den spezifischen Verderbniserregern („specific spoilage organisms - SSO“), die durch ihren Stoffwechsel und durch Abbau von Fischgewebe sowie die Produktion von Fehlgerüchen und -geschmäckern (off odours and off flavours) den Verderb schließlich bewirken („spoilage bacteria“) (HOBBS, 1991). Von daher ist das Postulat von GRAM und



HUSS (1996) gut nachvollziehbar, dass bei Lagerungsversuchen mit Frischfisch ein klarer Unterschied zwischen spezifischen Verderbserregern („SSO“) und vorhandener gesamter Verderbsflora zu ziehen ist.

Die unerwünschte Vermehrung von Mikroorganismen wird primär über die Einhaltung vorgegebener Kühltemperaturen begrenzt, wodurch sich das Wachstum von Verderbserregern und pathogener Keime verlangsamt. Gänzlich zu verhindern ist es jedoch nicht (SINELL, 2003). Um das Wachstum der Mikroorganismen weitgehend zu minimieren, sind Fischerzeugnisse bei „geeigneten Temperaturen aufzubewahren und zu befördern und vor Verunreinigungen und Sonneneinstrahlung oder anderen Wärmequellen zu schützen“ (Art. 2, Abs. 2, § 3, Abs. 1, Nr. 1, Lebensmittelhygienerecht-DurchführungsVO).

## 2.6 Der Begriff der Sensorik

Unter Sensorik ist der wissenschaftliche Gebrauch der menschlichen Sinnesorgane zu verstehen. Sie umfasst die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der sensorischen Prüfung von Produkten, sie bewertet deren Eigenschaften und lässt diese in ein Ergebnis münden.

Im Rahmen der Lebensmitteluntersuchung stellt die Sensorik methodisch eine eigenständige Disziplin dar, die im Vergleich zu anderen Untersuchungsmethoden (chemische, physikalische, mikrobielle etc.) einen gleichwertigen Rang einnimmt. Bei den inhärenten Vorteilen der Sensorik existieren auch Nachteile gegenüber instrumentellen Analysen aufgrund des höheren Zeit- und Kostenaufwands. Ferner können sich im Laufe einer Prüfung emotionale und sachliche Einflussfaktoren ergeben, welche die Prüfpersonen in ihrem objektiven Beurteilungsvermögen irritieren und somit das professionelle Arbeitsklima beeinträchtigen. Auch kann ein vereinbarter Prüfungstermin u. U. komplett ausfallen, wenn eine bzw. mehrere Testpersonen aus persönlichen Gründen zum angesetzten Zeitpunkt nicht erscheinen (MUNOZ et al., 1992).

Um sicherzustellen, dass sensorische Prüfungen nach den relevanten Vorgaben durchgeführt werden und einen analytischen Aussagewert haben, müssen die Prüfpersonen in der Anwendung ihrer fünf Sinneseindrücke olfaktorisch, gustatorisch, haptisch, optisch und akustisch ausgebildet sein. Darüber hinaus werden Prüfungserfahrung und fundierte Kenntnisse in Warenkunde und Lebensmittelrecht vorausgesetzt.

Die sensorische Prüfung dient der objektiven Beurteilung des Genusswerts von Lebensmitteln. Zu Beginn einer solchen Untersuchung müssen Vorkehrungen getroffen worden sein, dass unter kontrollierten Bedingungen geprüft werden kann. Somit soll verhindert werden, dass der Test durch subjektive Sichtweisen beeinträchtigt wird. Das BVL (2006 -)

veröffentlicht eine amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren in der die allgemeinen Grundlagen der sensorischen Prüfungen im Einzelnen beschrieben werden.

Die sensorische Beurteilung umfasst die Lebensmittelmerkmale Aussehen, Farbe, Konsistenz, Geruch und Geschmack. Für die sensorische Bewertung von Fisch ist das Betrachten (Erkennen von Blutflecken, Gräten, Parasiten, Veränderungen im Bereich der Augen und Kiemen), die Wahrnehmung des Geruchs von rohem und gegartem Fisch (beim Verderb produzierte verschiedene schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen), das Betasten zur Bewertung der Textur des Fischfleisches sowie der Geschmack einschließlich Konsistenzermittlung durch Kauen von entscheidender Bedeutung.

OSTRANDER und MARTINSEN (1976) betonen, dass Ergebnisse von Sinnesprüfungen auch subjektiven Imponderabilien der Prüfer unterliegen und daher deutlich divergieren können. Aus diesem Grunde ist es unerlässlich, die Klassifizierungssysteme, Richtlinien und Standards vorzugeben und diese bei sensorischen Untersuchungen strikt anzuwenden und einzuhalten.

Die sensorische Bewertung von Fisch wird laut BOTTA (1995) von der Wirtschaft als Teil ihres Qualitätskontrollmanagements vorgenommen, um sicherzustellen, dass ihre Erzeugnisse den Vorgaben der Überwachungsbehörden und den Erwartungen der Verbraucher entsprechen. Die Überwachungsbehörden praktizieren die sensorische Bewertung speziell zur Verifizierung der geltenden Standards von Fischereierzeugnissen. Diese Untersuchungen werden professionell durchgeführt und sind exakter, als es die Überprüfungen der Endverbraucher nach Augenschein sein können.

Nach wie vor gilt die wissenschaftliche Sensorik als die zuverlässigste Methode zur Frischebestimmung von Fisch, beispielsweise durch die Untersuchung von Kochproben der Filets (OEHLENSCHLÄGER, 1997). Bei Studien über die Lagerfähigkeit ist es sinnvoll, neben der sensorischen Begutachtung zusätzlich mikrobiologische und/oder chemische Analysen vorzunehmen, um somit die Erkenntnisse über den Verderb von Fisch abzusichern (CHYTIRI et al., 2004).

### **2.6.1 Sensorische Frischebestimmung**

Die sensorische Frischebestimmung von Fischen wird mit Hilfe eines Beurteilungsschemas vorgenommen, das die wesentlichen charakteristischen Veränderungen an Fisch mit fortschreitender Lagerzeit beschreibt. Postmortal auftretende Veränderungen des Aussehens, der Textur und des Geruchs werden hierbei an rohem Fisch bewertet; eine zusätzliche Beurteilung erfolgt an gegarten Filetproben (Kochprobe) über den Geruch, den

Geschmack und die Textur. Die Beurteilung gegarter Proben gestaltet sich dabei relativ aufwändig; sie ist jedoch aussagekräftiger im Vergleich zur Bewertung von rohem Fisch (TÜLSNER, 1994).

Während der vergangenen 50 Jahre wurden zahlreiche Schemata zur sensorischen Bewertung von rohem Fisch entwickelt, die im Laufe der Zeit kontinuierlich überarbeitet worden sind. Einen ersten Beurteilungsbogen zur Qualitätsbestimmung von Süßwasserfischen konzipierte DEUFEL auf der Basis bereits vorliegender Untersuchungen an Seefischen im Jahr 1963. Anhand einer von 0 bis 5 reichenden Bewertungsskala wurde roher Ganzfisch nach gegebenen Merkmalen und Qualitätsstufen beurteilt. Überprüft wurden Beschaffenheit, Farbe und Zustand von Oberfläche, Kiemen, Augen, Fleisch und Geruch des Fisches. Dabei setzte der Frischeverlust nicht gleichmäßig am ganzen Fisch ein, sondern in unterschiedlicher Intensität an den relevanten Messpunkten. Es erwies sich als relativ schwierig, eine eindeutige Klassifizierung der Frischegrade vorzunehmen. Eine exakte Diagnose der Frischegrade gelang nach DEUFEL nur bei ganz frischem bzw. stark verdorbenem Fisch.

Ein weiteres Verfahren ist von BREMNER (1985) vorgeschlagen worden (vgl. Tab. 2):

Tab. 2: Beurteilungsbogen zur Erfassung der Qualitätsminderung (demerit point scoring system), (BREMNER, 1985)

Bewertungs- punkte		0	1	2	3
<b>Aussehen</b>		sehr glänzend	glänzend	leicht trüb	trüb
<b>Haut</b>		fest	weich		
<b>Schuppen</b>		fest	leicht abgelöst	abgelöst	
<b>Schleim</b>		fehlt	leicht schleimig	schleimig	sehr schleimig
<b>Festigkeit</b>		prä- rigor	rigor	post- rigor	
<b>Augen</b>	Klarheit	klar	leicht trüb	trüb	
	Form	normal	leicht eingesunken	eingesunken	
	Iris	sichtbar	nicht sichtbar		
	Blut	kein Blut	leicht blutig	sehr blutig	
<b>Kiemem</b>	Farbe	charakteristisch	leicht dunkel/fade	sehr dunkel/fade	
	Schleim	fehlt	moderat	viel	
	Geruch	frisch ölig, metallisch, nach Seewasser	fischig	schal	verdorben
<b>Bauch</b>	Verfärbung	keine	feststellbar	moderat	stark
	Festigkeit	fest	weich	aufgeplatzt	
<b>Anus</b>	Kondition	normal	leicht geöffnet	übermäßig geöffnet	
	Geruch	frisch	neutral	fischig	verdorben
<b>Bauchhöhle</b>	Farbe	opalisierend	gräulich	gelb-braun	
	Blut	rot	dunkelrot	braun	

Dieses Schema wurde entwickelt zur Darstellung des linearen Zusammenhangs zwischen gegebenen Bewertungspunkten und der Lagerzeit des Fisches. Die Gesamtbewertung ergibt sich aus den Befunden der Qualitätsminderung in diversen Stadien von gelagertem Fisch. Das System basiert auf folgenden Voraussetzungen:

- Es existiert eine hinreichende Anzahl von Bewertungsmerkmalen für eine sichere Beurteilung.
- Die Bemessungskriterien für ein gegebenes Merkmal sind nicht exzessiv hoch angesetzt, so dass keine extremen Bewertungen zustande kommen sollten.
- Das System bewertet keine Fischprobe als ungenügend auf der Basis nur eines einzigen Bewertungsmerkmals.
- Jedes einzelne Merkmal des Schemas ist zu bewerten, um somit eventuelle persönliche Neigungen der Prüfer auszuschließen.
- Geringfügige Abweichungen bei der Bewertung eines einzelnen Merkmals beeinflussen die Gesamtbewertung nicht wesentlich.
- Das System ist anwendbar für jede Art von Fisch, sei es ganzer Fisch, ausgenommener Fisch oder Filet.
- Das System ist einfach und schnell anzuwenden.
- Die höchste Bewertung sollte sich nahe dem Limit der Akzeptanz (Vermarktung) für Seefisch bewegen.

Derzeit wird das EU-Qualitätsklassifizierungsschema für Magerfische (vgl. Tab. 3) nach der Verordnung (EG) Nr. 2406/96 angewendet. Dieses EU-Schema umfasst die Frischegrade E, A und B. Die Qualitätsklasse E steht für hervorragende Qualität („extra“), die Qualitätsklasse A für sehr gute bis gute sowie die Qualitätsklasse B für gute bis noch zufriedenstellende Qualität.

Es existiert eine weitere Einteilung des Frischegrades, die den Zeitpunkt der „Grenze der Verkehrsfähigkeit“ klassifiziert. In dieser Kategorie wäre der Fisch nicht mehr marktfähig, obwohl im streng wissenschaftlichen Sinne ein realer Verderb noch nicht vorzuliegen braucht.

Tab. 3: EU-Qualitätsklassifizierungsschema für Magerfische nach Verordnung (EG) Nr. 2406/96

<b>Frischeklassen</b>				
	<b>Extra</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Nicht zugelassen<sup>(1)</sup></b>
<b>Haut</b>	kräftige, glänzende Farbe oder schillernde Farbe; ohne Verfärbung	kräftige Farbe aber ohne Glanz	verblässende und stumpf werdende Farbe	stumpfe Farbe <sup>(2)</sup>
<b>Schleimmantel</b>	wasserklar	etwas wolkig	milchig	gelblich-grauer trüber Schleim
<b>Augen</b>	hervortretend (prall); schwarze glänzende Pupille, durchsichtige Hornhaut	hervortretend aber nicht mehr prall; schwarze stumpfe Pupillen; leicht schillernde Hornhaut	flach, schillernde Hornhaut, getrübe Pupille	in der Mitte eingesunken; graue Pupille, milchige Hornhaut <sup>(2)</sup>
<b>Kiemem</b>	kräftige Farbe ohne Schleim	nachlassende Farbe; durchsichtiger Schleim	braun/grau, blasser werdend; trüber zähflüssiger Schleim	gelblich; milchiger Schleim <sup>(2)</sup>
<b>Peritoneum (bei ausgenommenen Fischen)</b>	glatt; glänzend; schwer von Muskelfleisch abzulösen	etwas stumpf; kann vom Muskelfleisch abgelöst werden	uneben; leicht vom Muskelfleisch abzulösen	löst sich von selbst ab <sup>(2)</sup>
<b>Geruch von Kiemen und Leibeshöhle</b>	nach Seetang	kein Geruch nach Seetang; neutraler Geruch	fermentiert; leicht säuerlich	säuerlich <sup>(2)</sup>
<b>Magerfische außer Scholle oder Heilbutt</b>	nach frischem Öl; Pfeffer- und Erdgeruch	nach Öl; nach Seetang oder leicht süßlich	nach Öl; ranzig, fermentiert, verschimmelt	säuerlich
<b>Muskelfleisch</b>	fest und geschmeidig; glatte Oberfläche <sup>(3)</sup>	weniger geschmeidig	etwas weich (schlaff), trüber Schleim; wächsender (samtene) und stumpfe Oberfläche	weich, (schlaff) <sup>(2)</sup> ; Schuppen lösen sich leicht vom Muskel ab, runzlige Oberfläche

<sup>(1)</sup> Inhalte dieser Spalte gelten nur bis zum Erlass eines Beschlusses der Kommission über Kriterien für zum menschlichen Verzehr ungeeigneten Fisch gemäß der Richtlinie 91/493/EWG

<sup>(2)</sup> Oder noch stärker verdorben

<sup>(3)</sup> Vor Eintritt der Totenstarre ist frischer Fisch nicht fest und geschmeidig, er wird aber dennoch in die Frischeklasse Extra eingestuft

Wegen der unterschiedlichen Lebensräume der relevanten Fischarten lässt sich dieses Beurteilungsschema nicht problemlos auf Süßwasserfische wie die Forelle übertragen. Insofern ist es erforderlich, Qualitätsklassifizierungsschemata für spezifische Fischarten zu entwickeln.

### **2.6.2 Sensorischer Qualitätsverlust**

Sichtbare Veränderungen des Aussehens treten hauptsächlich an der Hautoberfläche, an den Kiemen und an den Augen auf.

Die Hautoberfläche verliert im Laufe der Eislagerung zunehmend an Glanz und an Farbintensität aufgrund einer Oxidation der natürlichen Pigmente, die zum Verblässen führt. Dieser Prozess verläuft langsamer bei Lagerung ohne Lichteinfluss, ebenso an jenen Körperstellen, an die weniger Luft gelangt. Der Fisch verliert post mortem nicht-mikrobiell erzeugten Schleim über die abgestorbenen Schleimdrüsen (TÜLSNER, 1994). Durch bakterielle Aktivität wird der Schleim mit fortschreitender Lagerzeit eingetrübt, er wird milchig bis gelb und dickt ein. Im Bereich der Kiemen findet durch Oxidation des Hämoglobins ein Farbwechsel von blutrot über braun nach grau-gelb statt. Die Struktur der Kiemenblätter verändert sich dabei von einem bürstenartigen Saum zu unregelmäßig verlaufenden Kiemenblatträndern. An den Augen kommt es infolge von Eintrocknung zu einer Trübung der Augenflüssigkeit und der Linse, die Hornhaut verliert ihre konvexe Form, sie flacht ab, bis sie schließlich gänzlich einsinkt.

Veränderungen am Schuppenkleid können sich ergeben, wenn es während der Eislagerung zu einer Berührung der Fischkörper untereinander kommt. In diesem Fall gilt die Ware als „abgefischt“.

Auch Veränderungen in der Textur können zu Qualitätsverlusten führen. Nach Verlust der Totenstarre (Rigor mortis) lösen sich die festen Strukturen des Muskels graduell auf. Dieser Prozess wird anfänglich durch endogene, später durch bakterielle proteolytische Enzyme hervorgerufen. Der Fisch verliert an Elastizität, er wird sukzessive plastisch und weich (LUDORFF und MEYER, 1973; TÜLSNER, 1994).

Der typische Geruch und Geschmack von fangfrischem Fisch wird durch Art und Menge der Aroma- und Geschmacksstoffe bestimmt. Dabei treten nicht nur Unterschiede zwischen den einzelnen Fischarten auf, sondern auch innerhalb der Spezies. Das Aroma des Fisches verändert sich mit zunehmender Lagerzeit gleichfalls ungünstig. Der somit eintretende Qualitätsverlust manifestiert sich durch die Abnahme des frischen Geschmacks und des Geruchs nach Seepflanzen, ausgelöst durch autolytische Vorgänge und mikrobielle

Verderbsprozesse. Nach einer Phase des neutralen Geruchs lässt sich hernach ein Geruch und Geschmack von fehlender Frische wahrnehmen. Diese unerwünschten Abweichungen verstärken sich kontinuierlich, bis der Fisch letztlich nicht mehr verkehrsfähig ist.

Die Frist bis zum Eintritt des Verderbs wird im Wesentlichen bestimmt durch die gegebene Lagerungstemperatur und durch die eingelagerte Fischart (GRAM und HUSS, 1996). Erste Anzeichen von Qualitätsverlust bei frischem Fisch entstehen aufgrund autolytischer Veränderungen. Bei diesem Prozess spielt der Abbau von Nucleotiden durch körpereigene Enzyme eine wesentliche Rolle. Die Abnahme des Geschmacks von frischem Fisch korreliert mit dem Abbau von Inosin-Monophosphat (GRAM und HUSS, 1996). In der Folge entstehen Stoffwechselprodukte, die den Mikroorganismen als Nährstoffe dienen (HUSS, 1995).

Qualitätsminderungen zeigen sich bei Seefischen und bei Süßwasserfischen auf unterschiedliche Weise. Der Frischeverlust bei Seefischen aus gemäßigten Zonen manifestiert sich durch einen fischigen und fauligen Geruch sowie durch die Bildung von Schwefelwasserstoff. Im Gegensatz dazu verströmen Süßwasserfische einen eher fruchtigen und schwefeligen Geruch (LIMA DOS SANTOS, 1981).

Zu einer gewissen Übereinstimmung kommt es bei der Bauchhöhle und bei den Kiemen, da die hier entstehenden Gerüche bei See- als auch bei Süßwasserfischen in dem Bereich von frisch nach neutral bis süß, leicht ranzig zu rötlich nahezu identisch ausfallen.

### **2.6.3 Sensorische Untersuchungen mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM)**

Die in der vorliegenden Arbeit angewendete Qualitäts-Index-Methode (QIM) basiert auf einem ursprünglich von der Tasmanian Food Research Unit, Australien, entwickelten Schema (BREMNER, 1985). Sie wird zur Evaluierung verschiedener Fischarten in rohem Zustand herangezogen. Seit ihrer Anwendung durch die Autoren LARSEN et al. (1992), NIELSEN und JESSEN (1997), HYLDIG und NIELSEN (1997), MARTINSDOTTIR (2000), HUIDOBRO et al. (2000), MARTINSDOTTIR et al. (2001), BAIXAS-NOGUERAS et al. (2003), HERRERO et al. (2003), SVEINSDOTTIR et al. (2003) ist die QIM auf breiter Basis wissenschaftlich anerkannt.

Das QIM-Schema ist zum einen artenspezifisch entwickelt worden, zum anderen nimmt es charakteristische Veränderungen auf, die sich am rohen Fisch vollziehen. Anhand eines aus 0 bis 3 Punkten bestehenden Bewertungssystems werden Punkte für die Parameter Haut, Augen, Kiemen, Abdomen/Bauch und Textur nach einem bestimmten Modus vergeben, mit denen die charakteristischen Veränderungen des rohen Fisches bewertet werden.

Als Beispiel sei das Aussehen der Haut beim Zuchtlachs aufgeführt:

Perlenschimmer auf der gesamten Fischhaut = 0 Punkte, Perlenschimmer nur am Kopf und weniger am Rest, ggf. gelblich = 1 Punkt, (SVEINSDOTTIR et al., 2003).



Je niedriger die Bewertungspunkte, desto besser sind Qualität und Frische des Fisches. Aus der Addition aller Bewertungspunkte ergibt sich der Qualitätsindex. Die QI-Methode ist so konzipiert, dass der Qualitätsindex mit zunehmender Lagerzeit auf Eis linear ansteigt.

Im Vergleich zu anderen Klassifizierungssystemen bietet die Qualitäts-Index-Methode wesentliche Vorteile:

- Die QI-Methode liefert aufgrund ihrer sinnvollen Konzeption brauchbare Informationen über die Fleischqualität, deren Aussagekraft auch für nachfolgende Produktionsstufen (Fischverarbeitung) nützlich ist.
- Die Fische sind anhand vorgegebener Parameter streng sachlich zu bewerten, so dass ein Prüfer von sich aus keine persönliche Präferenzen mit in die Beurteilung einfließen lassen kann.
- Auch weniger geübte Prüfer können aufgrund der stringenten QIM-Struktur problemlos mit dem Bewertungsverfahren vertraut gemacht werden.
- Die Qualitäts-Index-Methode eignet sich zur sicheren Anleitung von Prüfern sowie zur Überprüfung deren Bewertungskompetenz.
- Der linear mit der Lagerzeit in Eis ansteigende Qualitätsindex gibt die Informationen dem Produktmanagement unmittelbar an die Hand.

QIM dient der Sicherung der Qualitätsstandards von Fisch. Die bisher angewendeten EU-Qualitätsbestimmungsverfahren von Frischfisch sollen durch die QI-Methode ersetzt werden. Aufgrund ihrer größeren Effizienz ist beabsichtigt, QIM europaweit zur besseren Vergleichbarkeit der Qualitätsangaben bei Frischfisch einzusetzen, was dem Schutz und Wohl der Fischindustrie, des Handels sowie der Verbraucher dient. Laut OEHLENSCHLÄGER (2004) würde die Verwendung einer universell anwendbaren Methode für die gesamte Qualitätsbestimmung von Ganzfisch für die Fischindustrie von eminentem Vorteil sein.

QIM-Schemata existieren bereits für die in der Tabelle 4 aufgeführten Fischarten. Diese Schemata werden kontinuierlich für weitere Fischarten adaptiert.

Tab. 4: Angewendete QI-Schemata für bestimmte Fischarten und Fischprodukte unter Angabe der Publikation

Handelsname	Fachterminus	Autor/Veröffentlichung
<b>Ganzfisch, frisch</b>		
Glattbutt	<i>Rhombus laevis</i>	Martinsdottir et al. 2001
Kabeljau/Dorsch	<i>Gadus morhua</i>	Larsen et al. 1992; Jonsdottir 1992
Kaltwassergarnele	<i>Pandalus borealis</i>	Martinsdottir et al. 2001
Gefarmter Atlant. Lachs	<i>Salmo salar</i>	Sveinsdottir et al. 2003
Schellfisch	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Martinsdottir et al. 2001
Hering	<i>Clupea harengus</i>	Martinsdottir et al. 2001, Jonsdottir 1992
Scholle	<i>Pleuronectes platessa</i>	Martinsdottir et al. 2001
Seelachs/Köhler	<i>Pollachius virens</i>	Martinsdottir et al. 2001
Rotbarsch	<i>Sebastes mentella/marinus</i>	Martinsdottir et al. 2001; Martinsdottir und Arnason 1992
Seezunge	<i>Solea vulgaris</i>	Martinsdottir et al. 2001
Steinbutt	<i>Scophthalmus maximus</i>	Martinsdottir et al. 2001
Octopus	<i>Octopus vulgaris</i>	Barbosa und Vaz-Pires 2004
Dorade	<i>Sparus aurata</i>	Huidobro et al. 2000
Europ. Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	Andrade et al. 1997
Stöcker/Schildmakrele	<i>Trachurus trachurus</i>	Andrade et al. 1997
Atlant. Makrele	<i>Scomber scombrus</i>	Andrade et al. 1997
Kliesche	<i>Limanda limanda</i>	Luten 2000
<b>Fischprodukte:</b>		
Dorsch, aufgetaut	<i>Gadus morhua</i>	Warm et al. 1998
Dorschfilet, aufgetaut		
Dorschfilet, aufgetaut und gegart		
Garnelen, geschält	<i>Pandalus borealis</i>	Martinsdottir et al. 2001

## 2.7 Die Haltbarkeit von Frischfisch

Unter der Haltbarkeit von Fisch ist jene Zeitspanne zu verstehen, in welcher sich der geschlachtete Fisch für den menschlichen Genuss eignet. Laut MARTINSDOTTIR et al. (2003) definiert sich Haltbarkeit als die Zahl von Tagen, in denen ganzer frischer (ausgenommener) Fisch in schmelzendem Eis eingelagert werden kann, bevor er für den menschlichen Konsum ungeeignet wird.

Als vergangene Haltbarkeit in Eis gilt die Anzahl von Tagen, in der der Fisch in Eis gelagert wurde. Aus dieser Angabe lässt sich der geschätzte Wert für die verbleibende Haltbarkeit herleiten. Die Gesamthaltbarkeit kann von verschiedenen Faktoren wie Ausblutemethode, Schlachtmethode und Jahreszeit beeinflusst werden. Unverzögliches Kühlen nach dem Fang und eine ununterbrochene Kühlkette bis zum Konsum sind unerlässlich.

Gemäß den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches für Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus (BELV, 2002) darf Fisch als Frischfisch nur in den Verkehr gebracht und gehandelt werden, der nach dem Fang unbehandelt geblieben oder nur gereinigt, ausgenommen, zerteilt oder so gekühlt worden ist, dass das Fischgewebe nicht gefriert. Somit ist Frischfisch im Vergleich zu anderen verarbeiteten Fischprodukten (Marinaden, Räucher-, Salzfisch, Trocken-, Gefrierfisch u. a. m.) nur kurzzeitig haltbar. Auslöser für die limitierte Haltbarkeit bzw. für die eintretende Qualitätsminderung bis hin zu auftretendem Verderb sind sowohl postmortal im Fisch auftretende Stoffwechselprozesse, wie z. B. der Fett- und Proteinabbau, als auch enzymatische Autolysevorgänge durch fischeigene Enzyme und mikrobielle Prozesse. Hierbei kommt es zu Veränderungen im Geruch, in der Textur und im Aroma, deren Auswirkungen von einer leichten Beeinträchtigung des Genusswerts bis hin zur Genussuntauglichkeit reichen.

Die charakteristischen Aroma- und Geruchskomponenten des frischen Fisches reduzieren sich kontinuierlich von den ersten Tagen der Eislagerung, um sich schließlich gänzlich zu verflüchtigen. Hernach wird das Fischfleisch temporär nahezu geschmack- und geruchlos, bis sich konsekutiv zunehmend übelriechende schwefel- und stickstoffhaltige flüchtige Verbindungen aufgrund von Mikroorganismen bilden, die während des Abbauprozesses entstanden sind.

Ab diesem Stadium erachtet der Endverbraucher den Fisch als ungeeignet für den Verzehr aufgrund der sensorischen Wahrnehmung, obwohl eine konkrete Gesundheitsschädigung noch nicht immanent ist.

Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass zu diesem Zeitpunkt der Fisch auch für die Fischindustrie zu einem untauglichen Produkt geworden ist.

## 2.8 Eislagerung von frischem Fisch

Nach der Richtlinie (91/493/EWG) sind frische Fischereierzeugnisse bei der Temperatur von schmelzendem Eis aufzubewahren.

Die Einlagerung von Fischen in schmelzendem Eis bietet im Vergleich zu anderen Verfahren beträchtliche Vorteile. So kann die Temperatur über den notwendigen Zeitraum konstant gehalten werden, ein oberflächliches Austrocknen des Fisches wird aufgrund der Feuchte des schmelzenden Eises unterbunden und die fangfrische Farbe bleibt erhalten aufgrund der verzögert verlaufenden oxidativen Prozesse. OEHLENSCHLÄGER (1997) betont, dass Verunreinigungen, Mikroorganismen sowie entstehende Abbauprodukte und unerwünschte Aromakomponenten durch das Schmelzwasser abgeschwemmt werden.

Die Kistenlagerung stellt dabei eine schonende Lagerungsmethode dar aufgrund der minimalen Stauhöhe und der stabilen Lage der Fische vom Schlachtvorgang bis hin zum Verbraucher. Diese Lagerungsart gewährleistet eine minimale mechanische Belastung der Fische während der Aufbewahrung und bewirkt darüber hinaus eine geringe mikrobielle Kontamination (TÜLSNER, 1994). Von Vorteil sind ebenfalls die guten Reinigungs- und Desinfektionsmöglichkeiten der Kisten.

Die Kontamination mit Sekundärflora kann während des Fischfangs, beim Schlachtvorgang, während des Transports und der Lagerung eintreten. Evtl. kontaminiertes Eis würde den Verderb während des Transports und der Lagerung beschleunigen. Von daher muss sichergestellt werden, dass zur Behandlung von Lebensmitteln verwendetes Eis aus Trinkwasser hergestellt ist, dessen hygienische Beschaffenheit der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) entspricht.

Die Anzahl der Tage, die der geschlachtete Fisch bis zum Auftreten der ersten wahrnehmbaren Veränderungen in Eis lagern kann, wird in Eislagertagen festgehalten. Über Eislagerversuche werden diese zielgerichtet nach Fischart und intendiertem Zweck ermittelt. Nach OEHLENSCHLÄGER (1997) unterliegen Eislagerversuche dem Einfluss verschiedener Kriterien wie der Vorbehandlung des Fisches (ausgenommen/nicht ausgenommen), der Temperatur des Lagerraums, dem Verhältnis Fisch zu Eis sowie dem Füllungsgrad der Boxen. Insofern ist die Durchführung der Eislagerversuche unter gleichbleibenden Bedingungen zur Untersuchung der saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von Regenbogenforellen unerlässlich. „Bei allen Lager- und Transportvorgängen muss auf strikte Einhaltung der Temperatur geachtet werden. Auch kurzfristige Temperaturerhöhungen, die sich auf die Qualität des Produkts Frischfisch nicht sofort auswirken, tragen letztendlich zu seinem vorzeitigem Verderb bei“ (OEHLENSCHLÄGER, 1997). Dabei wird während des gesamten Eislagerversuchs der Frischeverlust bzw. die Qualitätsminderung bis hin zum

Frischeverderb verfolgt und mit Hilfe der o. g. sensorischen Beurteilungsschemata dokumentiert.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Art und Herkunft, Fang und Schlachtung der Fische**

Gegenstand dieser Arbeit bildet die Untersuchung einer saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) in Eis.

Die hier untersuchten Regenbogenforellen stammten ausschließlich aus der Fischzuchtanlage Reese, Sarlhusen, in Schleswig-Holstein, die ihre Forelleneier von einem EU-Zulassungsbetrieb in Süddeutschland bezieht. In Sarlhusen werden die Forellen in Erdteichen mit einer Besatzdichte von ca. 9 kg/m<sup>3</sup> im Endbestand gehalten.

Bis zu einem Gewicht von ca. 20 g werden die Fische mit Granulat gefüttert, danach mit einem konventionellen Alleinfuttermittel bis zur Schlachtung (vgl. Tab. 5/6). Drei Tage vor der Schlachtung wird in Sarlhusen die Fütterung der Regenbogenforellen eingestellt, um eine Ausnüchterung bis zum Zeitpunkt der Schlachtung zu erreichen.

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Salmoniden wurden im Herbst, Winter, Frühjahr und Sommer geschlachtet. Das Schlachtgewicht liegt im Sommer bei ca. 600 g, in den übrigen Jahreszeiten beträgt es etwa 400 g.

Die Forellen werden zunächst durch Kopfschlag betäubt und unmittelbar danach durch Ausnehmen getötet. Entfernt werden Bauchhöhlenorgane, Nierengewebe und Kiemen.

Die Untersuchung einer saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von Regenbogenforellen auf Eis umfasste vier einzelne Eislagerversuche, die über den Zeitraum eines Jahres durchgeführt wurden. Pro Durchgang wurden dabei jeweils 80 Forellen mittels der Qualitäts-Index-Methode an Ganzfisch und mittels der Sensorik an gegarten Filetproben (ohne Bauchlappen) während der Monate November (2005), Februar, Mai, September (2006) untersucht.

##### **3.1.2 Futtermittel**

Die Fischzuchtanlage Sarlhusen verwendet konventionelles Alleinfuttermittel für Forellen. Vier Wochen vor der Schlachtung wird dem Futter Astaxanthin zum Zweck einer attraktiveren Rotfärbung des Fischfleisches hinzugefügt.

Das Futtermittel besteht aus folgenden Komponenten:

**Tab. 5** : Gehalte an Inhaltsstoffen des Futtermittels (nach Angaben des Herstellers auf der Verpackung)

Rohprotein	42,0 %
Rohfett	24,0 %
Rohfaser	1,3 %
Rohasche	8,0 %
Phosphor	1,2 %
Lysin	2,5 %

**Tab. 6** : Zusatzstoffe pro kg Mischfutter (nach Angaben des Herstellers auf der Verpackung)

Vitamin A (I.U.)	10000
Vitamin E (mg Alpha- tocopheroacetat)	150
Kupfer (mg Sulfat)	3,5
B.H.T.- Ethoxyquin- Propylgallat	-

### 3.1.3 Temperatur und pH-Wert des Wassers in Erdteichen und Halterungsbecken

Nachstehende Temperaturen und pH-Werte sind in den Erdteichen und Halterungsbecken zu allen vier Jahreszeiten gemessen worden. Dabei blieben die pH-Werte über das ganze Jahr hinweg in beiden Biotopen quasi konstant.

**Tab. 7:** Temperatur und pH-Wert des Wassers in Erdteichen und Halterungsbecken

	Herbst 2005	Winter 2006	Frühjahr 2006	Sommer 2006
Temperatur Erdteich	8,5°C	8,0°C	9,7°C	13,2°C
Temperatur Halterungsbecken	11,0°C	9,0°C	9,1°C	11,6°C
pH-Wert Erdteich	7,64	7,60	7,69	7,63
pH-Wert Halterungsbecken	7,76	7,72	7,76	7,74

### 3.1.4 Geräte, Instrumente und Zubehör

- Digitalthermometer MD 3150, Fühlertyp NTC / Typ M 841, Fa. Beckman und Egle
- Eislagerwannen aus Kunststoff mit Abfluss, 70 x 40 x 25 cm
- Garkessel, Typ 26481 MKN
- Intellectron- Fischtester VI
- Neutralisationsmittel, Wasser
- Einwiegewaage Sartorius 3865 MP und 1212 MP
- pH-Elektrode, INLAP 427, Fa. Mettler Toledo
- pH-Meter, Typ 742, Fa. Knick
- Scherbeneisautomat, Mod. GB 902 A-G, Fa. BREMA
- Schneidebretter
- Spuckbecher, 0,4 l (undurchsichtig, weiß)
- 80 x 55 x 45 cm Transportkisten (isolierbar)
- Temperaturschreiber, Fa. EBRO
- Vakuum- Schlauchbeutel, Typ BK-100, 165 x 550 cm, Fa. Hans Schütt
- Wassergläser, 0,2 l
- Handmixer, Krupps, 3 Mix 7007

## 3.2 Methodik

### 3.2.1 Transport und Lagerungsbedingungen der Fische

Der Transport der ausgenommenen Regenbogenforellen von der Fischzuchtanlage in Schleswig-Holstein zum Bundesforschungsinstitut, Hamburg, erfolgte per PKW in mit Scherbeneis angefüllten Styroporkisten. Nach Registrierung der biologischen Kenndaten Gewicht und Fischtester-Wert wurden die Forellen ohne Unterbrechung der Kühlkette in übereinander gestapelten Eislagerwannen mit Wasserablauf in einem Eis- zu- Fisch-Verhältnis von 2:1 in schmelzendem Eis im Kühlraum aufbewahrt. Bei Bedarf wurde nachgeeist.

Während der gesamten vier Eislagerversuche wurde der Temperaturverlauf sowohl im Kühlraum als auch im Fischfleisch kontinuierlich aufgezeichnet. Dabei variierte die gemessene Raumtemperatur des Kühlraumes zwischen + 1,8 °C und + 3,7 °C, die Temperatur im Fischmuskel betrug + 0,2 °C bis + 0,8 °C.



### **3.2.2 Bestimmung der biologischen Kenngrößen Gewicht und Fischtester-Wert**

Die Messungen der zwei Kenngrößen Gewicht und Fischtester-Wert erfolgten zum einen direkt nach der Anlieferung im Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Lebensmittel und Ernährung, Hamburg, vor der Eislagerung und zum anderen im Abstand von zwei Werktagen. Zur Messung des Fischtester-Werts wurden die Messelektroden in der Mitte des lateralen Muskels oberhalb der Analöffnung der Forellen angelegt. Unmittelbar nach Durchführung der jeweiligen Messungen beurteilten die Prüfer die Tiere anhand der Qualitäts-Index-Methode (QIM).

### **3.2.3 Sensorische Untersuchungen**

#### **3.2.3.1 Angewendete Methoden zur Qualitätsbestimmung**

Auf die Anwendung chemischer Verfahren wie die Erfassung von niedermolekularen stickstoffhaltigen Abbauprodukten, die enzymatische Bestimmung von Ammoniak oder die Erfassung des gesamten flüchtigen basischen Stickstoffs (TVB-N) wurde an dieser Stelle verzichtet. Auch mikrobiologische Methoden zur Beurteilung des Frischegrades wurden nicht angewendet, da sie den Rahmen dieser Arbeit überschritten hätten.

Zu den angewendeten physikalischen Methoden zählten die Messung des pH-Werts sowie die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit mit dem Fischtester.

Der Untersuchung lagen die Qualitäts-Index-Methode sowie die Verkostung von gegarten Filetproben als sensorische Parameter zu Grunde. Die sensorischen Kriterien der Frischegradbestimmung umfassten das Gesamterscheinungsbild des Fisches, den Geruch, den Geschmack sowie die Konsistenz des Fleisches.

#### **3.2.3.2 Durchführung der sensorischen Prüfung**

Die sensorischen Prüfungen, die Beurteilungen mittels Qualitäts-Index-Methode sowie die Verkostung gegarter Filetproben wurden während der gesamten vier Eislagerversuche von qualifizierten Prüferpersonen vorgenommen, deren Teilnehmerzahl von sechs bis neun schwankte. Dabei oblag es jedem Prüfer, im Abstand von zwei Werktagen jeweils zehn ausgenommene Forellen nach vorgegebenen Kriterien der Qualitäts-Index-Methode sowie je zwei ganze Filetstücke von verschiedenen Exemplaren nach dem Bewertungsschema für gegarte Forellen zu beurteilen.

Die Bewertung der Filets wurde an einem durch Sichtblende separierten Arbeitsplatz vorgenommen. Diese Abschirmung sollte verhindern, dass sich die Prüfer während des Prüfungsvorgangs untereinander verständigten, um u. U. ihre individuellen Beurteilungen vorab zu harmonisieren.

Während der sensorischen Prüfungen wurden die Geschmackspapillen mittels Mineralwasser und ungesalzenem Weißbrot neutralisiert.

### **3.2.3.3 Frischegradbestimmung der Regenbogenforellen mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM)**

Die Qualitäts-Index-Methode wird zur Evaluierung verschiedener Fischarten in rohem Zustand herangezogen. Vergeben werden hier Bewertungspunkte für die Merkmale Aussehen, Geruch und/oder Textur an den Untersuchungsstellen Haut, Augen, Kiemen und Abdomen/Bauch, deren Addition den Qualitätsindex bildet.

Das von dem Dänischen Institut für Fischereiforschung (DTU Aqua), Lyngby, Dänemark, entwickelte QIM-Schema beschreibt die zu bestimmenden Qualitätsparameter für Forellen. Dabei wird jede einzelne charakteristische Veränderung an Haut, Augen, Kiemen und in der Bauchhöhle von den Prüfern je nach Notwendigkeit entweder visuell, olfaktorisch oder taktil begutachtet und hernach anhand gegebener Bewertungspunkte klassifiziert. Bei der Beurteilung der Haut werden als Kriterien Farbe/Aussehen, Glanz, Schleim, Viskosität des Schleimes und Textur herangezogen. Die Augen werden nach dem Aussehen der Korona und der Form des Augapfels beurteilt. Die durch die Entfernung der Kiemen entstandene Schnittstelle sowie die freie Bauchhöhle müssen von den Prüfern nach charakteristischen Geruchsmerkmalen bewertet werden. Selbst für den Fall, dass sich keine Abweichungen ergäben, würde dieser Befund mit in die Beurteilung einfließen.

Jeder Prüfer trägt seine Ergebnisse selbständig in den nachstehenden Beurteilungsbogen (Tab. 8) ein.

Das in dem vorliegenden Versuch angewendete QIM-Schema ist um das Kriterium „kein Schleim vorhanden“ erweitert worden. Diese Ergänzung bot sich an, weil die Forellen im Laufe der hier durchgeführten Vorversuche bereits nach kurzer Eislagerzeit keinen Schleim mehr auf der Haut aufwiesen.

Tab. 8: Modifiziertes Qualitäts-Index-Schema für kleine (ca. 400 – 700 g) gefarmte Forellen (*Oncorhynchus mykiss*)

Qualitätsparameter	Beschreibung	Punkte						
<b>Haut:</b>	<b>Farbe/ Aussehen</b>	Glänzende, irisierende Pigmentierung, deutliche rote Streifen	0					
		Ziemlich trübe Pigmentierung, Verfärbung beginnt	1					
	<b>Glanz der Haut</b>	Glänzend	0					
		Trüb	1					
	<b>Schleim</b>	Klar	0					
		Milchig	1					
		<i>Kein Schleim vorhanden</i> <sup>3</sup>	2					
	<b>Viskosität Schleim</b> <sup>1</sup>	Dünn, niedrige Viskosität	0					
		Dick, hohe Viskosität	1					
		<i>Kein Schleim vorhanden</i> <sup>3</sup>	2					
	<b>Textur</b>	In rigor, prae-rigor	0					
		Fingerdruck verschwindet schnell	1					
Fingerdruck bleibt länger als 3 Sekunden		2						
<b>Augen:</b>	<b>Korona</b>	Klar	0					
		Milchig	1					
	<b>Form</b>	Konvex	0					
		Flach, eben	1					
		Eingesunken	2					
<b>Kiemen</b> <sup>2</sup> :	<b>Geruch</b>	Frisch, metallisch	0					
		Neutral	1					
		Süß, leicht ranzig	2					
		Metallisch, rottig	3					
<b>Bauchhöhle:</b>	<b>Geruch</b>	Frisches Teichwasser	0					
		Neutral	1					
		Rottig	2					
<b>Qualitäts- Index (0-16)</b>								

<sup>1</sup> Beim Betrachten der Schleimfäden des Fisches, wenn er vom Tisch aufgehoben wird.

<sup>2</sup> Gemeint ist hier der Ort, an dem die Kiemen saßen, bevor sie beim Schlachten entfernt wurden.

<sup>3</sup> Vorgenommene essentielle Ergänzung gegenüber QIM<sub>original</sub> - Parametern

### 3.2.3.4 Durchführung der Kochprobe-Sensorische Profilprüfung (SPP)

Zur Bestimmung der Haltbarkeitsgrenze wurde in der vorliegenden Arbeit neben der Frischegradbestimmung mittels QIM zusätzlich eine sensorische Beurteilung der Filets mittels einer Kochprobe durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Filets derselben Fische zunächst in Kunststoffbeuteln verbracht und bei exakt 90 °C über einen Zeitraum von sieben Minuten gegart. Als Beurteilungsgrundlage diente hier das Bewertungsschema für gegarte Forellen des Max Rubner-Instituts, Hamburg (vgl. Abb. 3).

Nach der Frischegradbestimmung mittels QIM am Ganzfisch erfolgte die Verkostung der Filets im sensorischen Püflabor nach den Prinzipien einer Profilprüfung. Jeder Prüfer beurteilte nach dem vorgegebenen Bewertungsschema zwei Filetstücke von verschiedenen Forellen, deren Merkmalsausprägungen anhand vorgegebener Qualitätsparameter auf einer Skala von 0 bis 100 zu bestimmen waren. Im Einzelnen wurden Geruch, Textur und Geschmack bewertet, wobei nicht ausgeprägte Merkmale den Wert 0 und maximal ausgeprägte Merkmale den Wert 100 erhielten.

Für die Geruchsmerkmale standen Termini „typisch nach Süßwasserfisch“, „nach gekochten Kartoffeln bzw. Milch“, „modrig“ und „stechend“ zur Auswahl. Als Texturparameter waren hier „fest“, „elastisch“, „faserig“, „saftig“, „krümelig“ und „breiig/mehlig“ vorgegeben. Dabei wurden die Merkmale „fest“ und „elastisch“ auf der Skala mit dem Wert 50 als Standard festgelegt. Die Geschmacksparameter lauteten „frisch“, „aromatisch“, „rein“, „süßlich“, „modrig“ und „abweichend“. „Abweichung“ bildete einen Oberbegriff, der bei seiner Verwendung näher zu spezifizieren gewesen wäre (z.B. „muffig“, „stechend“, „tranig“ etc.).

Die Grenze der Verkehrsfähigkeit galt als unterschritten, sobald der hier festgelegte Mittelwert einer jeden individuellen Prüferbeurteilung bei der Merkmalsausprägung „Geschmack frisch“ unter 40 lag.

**Abb. 3:** Bewertungsschema für die Sensorische Profilprüfung (SPP) zur Bestimmung des Frischegrades von gegarten Forellen

<u>Sensorik gegarter Regenbogenforellen</u>										
<u>Textur:</u>										
fest	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
					ST					
elastisch	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
					ST					
faserig	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
saftig	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
krümelig	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
breiig / mehlig	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
<u>Geruch</u>										
typisch Süßwasserfisch	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
gekochte Kartoffeln / Milch	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
modrig	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
stechend	0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100
Bemerkungen:										

<u>Geschmack</u>	
frisch	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
aromatisch	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
rein	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
süßlich	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
modrig	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
abweichend	0   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   .....   100
Abweichung: muffig O      stechend O      tranig O      bitter O      sauer O	
Bemerkungen:	
Erläuterung:	
0 = nicht zu bemerken	
100 = sehr ausgeprägt	
Bitte mit einem Strich die entsprechende Intensität markieren	

### 3.2.4 Ermittlung des pH-Werts

Im Abstand von zwei Werktagen wurde ein Durchschnitts-pH-Wert von zehn Forellen ermittelt. Zu diesem Zweck wurde vom Kopfstück der insgesamt zwanzig Filets je ein ca. 1 cm breiter Streifen entnommen und homogenisiert. Aus dem so entstandenen Homogenat wurde schließlich der Gesamt-pH-Wert ermittelt.

Die pH-Wert - Bestimmung erfolgte mittels des Knick-pH-Meters Calimatic mit der Elektrode „INLAP 427“. Vor jeder Messung wurde das pH-Meter unter Verwendung von zwei

Pufferlösungen (pH 4,01 bzw. pH 7,00) kalibriert. Der angezeigte Wert wurde auf zwei Dezimalstellen gerundet.

### **3.2.5 Bestimmung des Flüssigkeitsverlusts durch Garen von Fischfilets**

Zur Bestimmung des Kochwasserverlusts durch Garen der Filets wurden die einzelnen Filetstücke gewogen und anschließend in registrierten Kochbeuteln ebenso wie bei der SPP bei einer Temperatur von 90°C über sieben Minuten gegart. Vorversuche ergaben im Filet eine gemessene Kerntemperatur von 65-70 °C, mit welcher die vollständige Garung sichergestellt werden konnte. Nach dem Garprozess wurden die Beutel unverzüglich aufgeschnitten und die austropfende Flüssigkeit gewogen. Der unmittelbare Abguss der Flüssigkeit nach dem Garen unterband die Reabsorption der ausgetretenen Filetflüssigkeit durch das abkühlende Filet.

### **3.2.6 Methoden der statistischen Analyse**

#### **3.2.6.1 Test auf Normalverteilung**

Der Kolmogorov-Smirnov-Test weist eine hohe Teststärke auf und wird als nicht-parametrische Methode allgemein als der am besten geeignete Normalverteilungstest angesehen (BORTZ et al., 1990; SIEGEL, 2001). Sämtliche kontinuierlichen Parameter der Studie – insbesondere der Qualitätsindex (QI) in Originalfassung ( $QI_{\text{original}}$ ) und modifizierter Fassung ( $QI_{\text{modifiziert}}$ ), die Items und Indices der Sensorischen Profilprüfung (SPP), Fischgewicht, Fischtester-Werte, pH-Werte und Kochwasserverluste – wurden zunächst mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (KS-Test / KSA-Test als Einstichprobentest) auf Übereinstimmung mit der theoretischen Normalverteilung nach Gauß getestet. Lediglich bei 3 von 31 der überprüften Parameter ergaben sich signifikante Abweichungen ( $p > 0.10$ ) von dieser „idealen“ symmetrischen Verteilungsform (vgl. Tab. 43). Als Konsequenz aus dieser Situation konnten bei der Analyse der Studiendaten meist Prüfverfahren aus dem Bereich der parametrischen Statistik angewendet werden.

Bei jenen Variablen, die sich als nicht-normalverteilt erwiesen hatten, wurden zusätzlich zur parametrischen Auswertung non-parametrische, „verteilungsfreie“ Kontrollanalysen gerechnet. Deren Ergebnisse sollten lediglich im Falle ihrer Nicht-Übereinstimmung mit der jeweiligen parametrischen Analyse herangezogen werden.

### 3.2.6.2 Datenvorbereitungen

Im Hinblick auf eine potentielle Informationsverzerrung, verursacht durch eine persönliche Neigung der Prüfer bei Anwendung der Qualitäts-Index-Methode (QIM), galt es festzustellen, ob diese mögliche Störgröße eine Beeinflussung im Sinne eines Effekt-Moderators darstellt (KREIENBROCK und SCHACH, 2000). Als Kontrollstrategie empfiehlt es sich, die Beurteiler- bzw. Prüfer-Unterschiede als „Prüfer-Faktor“ in die jeweilige statistische Analyse aufzunehmen, um eine Aussage treffen zu können, ob dieser Faktor mit jenen Faktoren signifikant interagiert, welche die eigentlichen Hypothesen der Studie repräsentieren und somit deren Effekte konterkariert bzw. zunichte macht.

Daher wurde eine Serie von Kontrollanalysen als multifaktorielle Varianzanalysen gerechnet, in denen neben den beiden primären hypothetischen Einflussfaktoren der Studie – „Saison“ und „Lagerungsdauer“ – zusätzlich der Faktor „Prüfer“ eingeführt und hinsichtlich seines Haupteffektes, insbesondere aber hinsichtlich seiner Interaktions- bzw. Wechselwirkungseffekte auf die QIM-Scores, abgeschätzt wurde. Im Endergebnis traten bei keiner durchgeführten Kontrollanalyse signifikante Wechselwirkungen des Prüfer-Faktors mit den Faktoren Saison und/oder Lagerungsdauer auf. Demzufolge konnte ein konfundierender Einfluss der Unterschiedlichkeit der Studie weitgehend ausgeschlossen werden.

Als Konsequenz aus dieser Situation konnte die ursprüngliche Gesamt-Rohdatenmatrix der Studie mit  $N = 2394$  Beurteilungs- und Messdatensätzen für/über die Prüfer aggregiert werden. Das heißt z. B., dass bei jeder kontinuierlichen Variable pro Fisch ein arithmetischer Mittelwert über alle Prüfer berechnet wurde. Hieraus resultierte eine Matrix mit Datensätzen von  $N = 400$  Fischen, die – abgesehen von einigen Einzelfragestellungen – die Hauptbasis der statistischen Analytik darstellten.

### 3.2.6.3 Statistische Verfahren

Um die saisonalen Effekte und die Einflüsse der Lagerungsdauer auf die Variablen der sensorischen Bewertungen ( $QI_{\text{original}}$ ,  $QI_{\text{modifiziert}}$ , SPP-Indices) zu testen, wurde die mehrfaktorielle Varianzanalyse angewendet (BORTZ, 2005; KÖHLER, 2004). Als Hauptfaktor A fungierte dabei die Jahreszeit mit den vier Faktorstufen Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Die Lagerungsdauer repräsentierte den zweiten Hauptfaktor (B), welcher durch 8 (QIM) bzw. 7 (SPP) Untersuchungstage als Faktorstufen charakterisiert war. Die Varianzanalyse erlaubt sowohl die Abschätzung des separaten Effektes jedes einzelnen Hauptfaktors („Haupteffekt“) als auch – durch Kreuzung der beiden Wirkfaktoren – die



Testung der Wechselwirkung zwischen Saison und Lagerungsdauer („Interaktionseffekt“). Der Interaktionseffekt beantwortet die Frage, ob und inwieweit von einem nach Lagerungstagen unterschiedlichen (u. U. gegenläufigen) Einfluss des Saisonfaktors auf die sensorischen Bewertungen auszugehen ist.

Die Varianzanalysen sind im Falle der SPP- Indices als Ko-Varianzanalysen zu rechnen, falls sich das (saisonal unterschiedlich hohe) Fischgewicht als signifikantes Korrelat der sensorischen Daten erweisen sollte (vgl. 4.1.2). Bei einer Ko-Varianzanalyse mit der Ko-Variablen Fischgewicht müsste – vor (!) den Effektschätzungen für die beiden Hauptfaktoren – der Gewichtseinfluss aus den Variablen der sensorischen Bewertungen extrahiert werden. Dieser Vorgang kann auch als Adjustierung der sensorischen Daten für das Fischgewicht bezeichnet werden bzw. als Bereinigung der sensorischen Daten um den Gewichtseinfluss.

Im Sinne von Anschluss- bzw. Detailanalysen ist es nach einer Varianzanalyse üblich, multiple Einzelgruppenvergleiche – hier etwa zwischen verschiedenen einzelnen Stufen des Saisonfaktors – durchzuführen (HOCHSTÄDTER und KAISER, 1988; SONNEMANN, 1982). Als gängige Verfahren wird zu diesem Zweck auf den LSD- Test (Least- Significant- Difference- Test) sowie den Bonferroni- Test zurückgegriffen. Um bei dem multiplen Testen die Gesamt-Irrtumswahrscheinlichkeit zu kontrollieren und in den durch das Signifikanzniveau (0.05 bzw. 5%) definierten Grenzen zu halten, wurden Einzelgruppenkontraste nur im Falle eines signifikanten varianzanalytischen Haupteffektes des betreffenden Faktors durchgeführt.

Stichprobengrößen, arithmetisches Mittel, Standardfehler und Konfidenzintervall (HARMS, 1988) stellen die üblichen deskriptiv-statistischen Kennwerte dar, wenn es darum geht, die (signifikanten) Ergebnisse von Varianzanalysen zu beschreiben.

Als weitere statistische Verfahren kamen in dieser Arbeit zur Anwendung: Einfache Varianzanalyse und t-Test bei Mittelwertvergleichen, Pearson- Korrelation bzw. Produktmoment- Korrelation ( $r$ ) bei bivariaten Korrelationen und multiple Korrelations- und Regressionsanalyse bei Korrelationen zwischen mehr als zwei Variablen.

Bei den angewendeten Methoden der grafischen Darstellung handelt es sich um die klassischen (multiplen) Linien- und Balken- bzw. Säulendiagramme sowie multiple Parameterdiagramme.

Sämtliche in dieser Arbeit durchgeführten prüfstatistischen Tests erfolgten unter zweiseitiger Testung sowie unter Zugrundelegung des folgenden – in der Forschung weithin üblichen – Signifikanzstufensystems:

„nicht signifikant“		(ns)
„signifikant“:	Signifikanzniveau = 5% bzw. $\alpha = 0.05$	( $p \leq .05$ ) (*)
„sehr signifikant“:	Signifikanzniveau = 1% bzw. $\alpha = 0.01$	( $p \leq .01$ ) (**)
„hoch/höchst signifikant“:	Signifikanzniveau = 1‰ bzw. $\alpha = 0.001$	( $p \leq .001$ ) (***) .

Alle statistischen Analysen wurden unter Zugriff auf das Statistik-Programm-System SPSS (Superior Performing Software System) für Windows, Version 15.0 deutsch, auf einem Server-gekoppelten Arbeitsplatz-PC mit Intel-Core-Prozessor der neuesten Generation unter dem Betriebssystem Windows XP ausgeführt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Prä-Analysen

Bei der Qualitäts-Index-Methode handelt es sich um ein standardisiertes, zuverlässiges Instrument zur sensorischen Bewertung der Frische von Fisch, welches die Bildung eines messmethodisch fundierten Gesamtindex ermöglicht (QI = Qualitätsindex als Punktsummenscore), dessen objektive Resultate von Faktoren wie dem Fischgewicht nicht beeinflusst bzw. verzerrt sein sollen. Aufgrund ihrer Objektivität, Anwendungsschnelligkeit, Utilität und Verlässlichkeit hat sich die QI-Methode in verschiedenen Forschungsinstituten und -projekten, auf Großauktionen und in Fischindustriesparten als Standardinstrument etabliert.

Im Vergleich zu der QIM handelt es sich bei der Sensorischen Profilprüfung um ein variables, heterogeneres, messmethodisch schwächer fundiertes Instrument. Hierbei lassen sich zwei vorauslaufende Analysen bzw. Prä-Analysen herleiten: Zum einen sollen aus Gründen der Indexbildung die SPP-Itemgruppen 'Textur', 'Geruch' und 'Geschmack' mittels Hauptkomponentenanalyse (Principal Components Analysis (PCA)) einzeln auf ihre interne Konsistenz bzw. semantische Homogenität geprüft werden, zum anderen soll der Fischgewicht-Einfluss auf die SPP-Scores getestet werden, um ggf. erforderliche Kontrollmaßnahmen durchführen zu können.

#### 4.1.1 Homogenitätsanalyse und Indexbildung bei der Sensorischen Profilprüfung (SPP)

Um die Subdimensionen Textur, Geruch und Geschmack der SPP jeweils separat auf ihren internen Zusammenhang überprüfen und somit eine Aussage über die interne Konsistenz bzw. Homogenität dieser drei Itemgruppen treffen zu können, wurden Hauptkomponentenanalysen vorgenommen (BORTZ, 2005; BACKHAUS et al., 2003).

Als wichtige Voraussetzung der Principal Components Analysis (PCA) prüft der Bartlett-Test auf Sphärizität die Nullhypothese ( $H_0$ ), ob die an der PCA beteiligten Variablen/Items in der Population unkorreliert sind. Entsprechend lautet die Alternativhypothese ( $H_1$ ), dass die Variablen substantiell korrelieren und somit für eine PCA oder Faktorenanalyse prinzipiell geeignet sind. Gemäß den Ergebnissen des Bartlett-Tests wurde bei allen drei SPP-Itemgruppen die Nullhypothese hoch signifikant zurückgewiesen ( $p < 0.000$ ).

Das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin (Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium / KMK bzw. measure of sampling adequacy / MSA) ist bei Textur und Geschmack hoch ausgeprägt ( $KMK_{\text{Textur}}: 0.83$ ;  $KMK_{\text{Geschmack}}: 0.88$ ). In Relation dazu ist der Geruch nur durch einen mittleren Koeffizienten charakterisiert ( $KMK_{\text{Geruch}}=0.60$ ). Dieser Wert deutet bereits im Vorfeld der PCA auf eine etwas schwächere Zusammengehörigkeit der Gruppe der Geruchs-Items hin.

Innerhalb der PCAs für Textur und Geschmack wurde gemäß dem Eigenwertkriterium ( $EV \geq 1$ ) jeweils nur eine Hauptkomponente extrahiert ( $EV_{\text{Textur}} = 3.79$ ,  $EV_{\text{Geschmack}} = 4.17$ ), welche die Mehrheit der Items substantiell repräsentiert. Mittels dieser Komponente wurden zufriedenstellende 63.21% (Textur) bzw. 70.00% (Geschmack) der Gesamtvarianz der Items abgedeckt bzw. „aufgeklärt“. Diese relativ hohe Repräsentanz der Hauptkomponente ist generell als Hinweis auf eine gute interne Homogenität der beiden Subdimensionen zu werten.

Für die Menge der Geruchs-Items wurden demgegenüber zwei substantielle Hauptkomponenten extrahiert ( $EV_1 = 2.06$ ,  $\text{Varianz}\%_1 = 51.40\%$ ;  $EV_2 = 1.04$ ,  $\text{Varianz}\%_2 = 26.07\%$ ), von denen die zweite lediglich ein einziges Item (‘Geruch nach gekochten Kartoffeln/Milch’) repräsentierte und von daher als sog. Einzelrestkomponente irrelevant und somit auch verzichtbar war. Somit verbleibt für die Subdimension Geruch ebenfalls nur eine Hauptkomponente mit einem Anteil aufgeklärter Varianz von 51.40%.

Zusammenfassend bildet die Geschmackskomponente mit 70% Varianzaufklärung die statistisch bedeutsamste Dimension der SPP, gefolgt von der Texturkomponente mit noch immer 63% erklärter Variabilität. Mit einer Varianzerfassung von nur 51% stellt die Geruchskomponente die Dimension dar mit der relativ schwächsten Repräsentanz und Homogenität. Mindestens 50% Varianzabdeckung, mitunter auch nur 40%, werden in der Fachliteratur am häufigsten als Kriterium für eine signifikante Hauptkomponente gefordert.

Die Tabellen 9,10,11 enthalten die Ladungsscores der Items auf den extrahierten Hauptkomponenten und stellen die Homogenität bzw. interne Konsistenz der drei SPP-Subdimensionen im Detail dar. Vor Durchführung der PCAs wurden die negativ formulierten Items der SPP („Textur krümelig“, „Textur breiig/mehlig“, „Geruch modrig“, „Geruch stechend“, „Geschmack modrig“, „Geschmack abweichend“) umgepolt, so dass sämtliche Items in den Hauptkomponentenmatrizen positive Ladungsgewichte aufwiesen.

Das spezifische Ladungsgewicht eines Items auf einer bestimmten Komponente wird auch als Komponenten- oder Faktorladung ( $\alpha$ ) bezeichnet und gibt Auskunft über die Höhe der Korrelation bzw. der Zusammengehörigkeit des jeweiligen Items zu seiner zugrunde liegenden generellen Komponente.

Tab. 9: Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Textur der Sensorischen Profilprüfung

Item	Komponente 1
Textur elastisch	,907
Textur fest	,871
Textur saftig	,862
Textur breiig/mehlig	,851
Textur krümelig	,644
Textur faserig	,574

Tab. 10: Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Geruch der Sensorischen Profilprüfung

Item	Komponente 1
Geruch modrig	,871
Geruch stechend	,821
Geruch Süßwasserfisch	,780
Geruch Kartoffeln/Milch	,127

Tab. 11: Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Geschmack der Sensorischen Profilprüfung

Item	Komponente 1
Geschmack frisch	,956
Geschmack rein	,955
Geschmack aromatisch	,926
Geschmack abweichend	,907
Geschmack modrig	,697
Geschmack süßlich	,419

Die Ladungswerte sämtlicher Items – mit Ausnahme des Geruch-Items 'Kartoffeln/Milch' ( $\alpha = 0,13$ ) sowie des Geschmack-Items 'süßlich' ( $\alpha = 0,42$ ) – unterschritten das für eine signifikante Ladung geforderte Kriterium von  $\alpha \geq 0,50$ . Die beiden insignifikanten Items wurden deshalb von weiteren Analysen ausgeschlossen. Hinsichtlich der Indexbildung bei

der SPP bedeutete dieses, dass ein additiver Gesamtpunktwert bei der Texturdimension über sämtliche Items, bei der Geruchsdimension über alle Items mit Ausnahme des Merkmals 'Geruch nach Kartoffeln/Milch' und bei der Geschmacksdimension wiederum über alle Items außer 'Geschmack süßlich' gebildet wurde.

Resümierend bestätigt die PCA prinzipiell sowohl die gute Repräsentanz der drei Subdimensionen der SPP als auch die jeweilige interne Zusammengehörigkeit bzw. die semantische Homogenität der drei Itemgruppen. Hierfür spricht u. a. auch die relativ hohe Anzahl von Komponentenladungen  $\alpha \geq 0.80$  auf allen Hauptkomponenten.

Einschränkend erwiesen sich zwei Items mit einer tendenziell süßlichen sensorischen Qualität ('Geruch Kartoffeln/Milch' und 'Geschmack süßlich') als inhomogen mit den übrigen Agenzien der SPP-Methode. Insofern ließen sich diese Items nicht eindeutig der Sensorischen Profilprüfung zuordnen und wurden somit von der Indexbildung ausgeschlossen.

Um abschließend zu prüfen, ob es bei der SPP angezeigt ist, zusätzlich zu den drei Subdimensions-Indices auch einen Totalindex für das gesamte Messinstrument zu bilden, wurde eine PCA über die gesamte Itemmenge der SPP durchgeführt. Das Ergebnis kann als volle Bestätigung der drei Subdimensionsanalysen gewertet werden: Es ergaben sich dabei zwei Hauptkomponenten, von denen die zweite ausschließlich die beiden Items 'Geruch Kartoffeln/ Milch' und 'Geschmack süßlich' repräsentierte. Auf der wichtigeren ersten Komponente, die einen hohen Varianzanteil von 75.17% aufklärte, konzentrierten sich sämtliche übrigen 14 Items der SPP mit signifikanten Ladungen (13 Lad.  $\alpha > 0.80$ , 1 Lad.  $\alpha > 0.70$ ). Somit wurde als Grundlage für weitere Analysen der SPP- Totalscore mittels additiven Gesamtpunktwerts über 14 von 16 Agenzien gebildet.

#### **4.1.2 Kontrolle des Fischgewicht-Einflusses auf die Studienergebnisse**

Tabelle 12 stellt die saisonalen Fischgewichte zu Beginn der Lagerung dar. Die „Sommerfische“ wiesen mit deutlichem Abstand das höchste Gewicht auf, gefolgt von den „Herbst-“, „Winter-“ und „Frühjahrsfischen“. Die Korrelation zwischen den Fischgewichten am Lagerungstag (=Messtag) und Schlachtttag betrug  $r=0.99$ ; das Gewicht am Lagerungstag korrelierte mit dem Filetgewicht mit  $r=0.92$ .

Tab. 12: Deskriptive Statistiken der saisonalen Fischgewichte

Saison	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
Herbst	333,675	4,449	324,929	342,421
Winter	309,766	4,449	301,019	318,512
Frühjahr	303,826	4,449	295,080	312,572
Sommer	497,629	4,449	488,883	506,375

Tabelle 13 stellt die Korrelationen zwischen dem Fischgewicht am Lagerungstag und den Indices der SPP dar. Das Fischgewicht korrespondierte signifikant mit drei von vier SPP-Indices, obgleich die Höhe der Korrelationen mit den SPP- Dimensionen eine relativ geringe Größenordnung nicht überschritt.

Tab. 13: Pearson-Korrelationen zwischen dem Fischgewicht am Lagerungstag (=Messtag) und den Indices der Sensorischen Profilprüfung

Parameter	Statistik	Gewicht Lagerungstag
Sensorik total	Korrelation	,187
	Signifikanz	,010**
Textur	Korrelation	,205
	Signifikanz	,005**
Geruch	Korrelation	,133
	Signifikanz	,070
Geschmack	Korrelation	,163
	Signifikanz	,026*

N = 188

\* signifikant ( $p \leq ,05$ )

\*\* sehr signifikant ( $p \leq ,01$ )

Aufgrund der ermittelten Korrelationen wurde bei den folgenden varianzanalytischen Auswertungen der Hauptfragestellungen dieser Arbeit – speziell im Falle der Auswertung der SPP-Indices – der Fischgewicht-Parameter jeweils als Kovariable mit in die Analyse einbezogen. Darüber hinaus zeigte diese Kontrollmaßnahme auch an, dass der multiple Korrelationskoeffizient zwischen dem Fischgewicht am Lagerungstag einerseits und der Gesamtmenge der SPP-Indices (Textur, Geruch, Geschmack) andererseits  $R=0.30$  betrug und sich somit als hoch signifikant erwies ( $F=5.91$ ,  $df=3$ ,  $p=0.001$ ).

## 4.2 Frischegradbeurteilung des Ganzfisches mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM)

### 4.2.1 Frischegradbeurteilung mittels QIM in Originalfassung und in modifizierter Fassung

Die nachstehenden Analysen gründen sich auf die Originalversion der QIM (QIM<sub>original</sub>) und auf die modifizierte Fassung der QIM (QIM<sub>modifiziert</sub>), bei der zuzüglich zu den Qualitätsparametern 'Haut Schleim' und 'Haut Viskosität Schleim' jeweils das Benotungsattribut 'kein Schleim vorhanden' hinzutrat und mit zwei Punkten den Gesamtpunktwert bzw. den Qualitätsindex-Score erhöhte.

Tabelle 14 zeigt die Aufgliederung der Hauptfaktoren mit den dazugehörigen Umfängen der Fischstichproben der einzelnen Faktorstufen. Tabelle 15 enthält das Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer für beide QI-Versionen. In der Tabelle stehen F für Anteil der erklärten Varianz an der Gesamtvarianz und df für degrees of freedom (Freiheitsgrade).

**Tab. 14:** Faktoren, Faktorstufen und Stichprobengrößen der zweifaktoriellen Varianzanalyse des Qualitätsindex

Faktorstufen		Wertelabel	N
Saison	1	Herbst	80
	2	Winter	80
	3	Frühjahr	80
	4	Sommer	80
Lagerungstag	1	Tag 0	40
	2	Tag 2	40
	3	Tag 4	40
	4	Tag 7	40
	5	Tag 9	40
	6	Tag 11	40
	7	Tag 14	40
	8	Tag 16	40



**Tab. 15:** Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse des Qualitätsindex mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer

Faktor / Interaktion	Parameter / Abh. Variable	F	df	Signifikanz
Saison	QI modifiziert	14,815	3	,000***
	QI original	17,941	3	,000***
Lagerungstag	QI modifiziert	17,941	7	,000***
	QI original	4064,938	7	,000***
Saison * Lagerungstag	QI modifiziert	7,028	21	,000***
	QI original	8,824	21	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Die Varianzanalyse wies für beide Faktoren bzw. unabhängige Variablen - Saison und Lagerungstag - als auch für die zweifaktorielle Wechselwirkung einen hoch signifikanten Effekt auf beide QI-Versionen aus. Bezüglich der Wirkung des Saisonfaktors bedeutet dieses, dass sich der arithmetische Mittelwert bzw. das mittlere Niveau des QI-Verlaufs über die gesamte Lagerungsdauer (Tag 0 bis Tag 16) substantiell zwischen den Jahreszeiten unterscheidet. Der QI-Gesamtmittelwert über die Tage 0 bis 16 ist in Tabelle 16 saisonal differenziert aufgelistet, er gibt Auskunft über Richtung und Ausmaß der generellen jahreszeitlichen Unterschiede.

**Tab. 16:** Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex beim Faktor Saison

Abhängige Variable	Saison	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
QI modifiziert	Herbst	6,702	,047	6,608	6,795
	Winter	6,375	,047	6,282	6,469
	Frühjahr	6,800	,047	6,707	6,894
	Sommer	6,684	,048	6,590	6,778
QI original	Herbst	6,598	,048	6,505	6,692
	Winter	6,336	,048	6,242	6,430
	Frühjahr	6,650	,048	6,556	6,744
	Sommer	6,246	,046	6,155	6,338

Gesamtstichproben-Mittelwert:

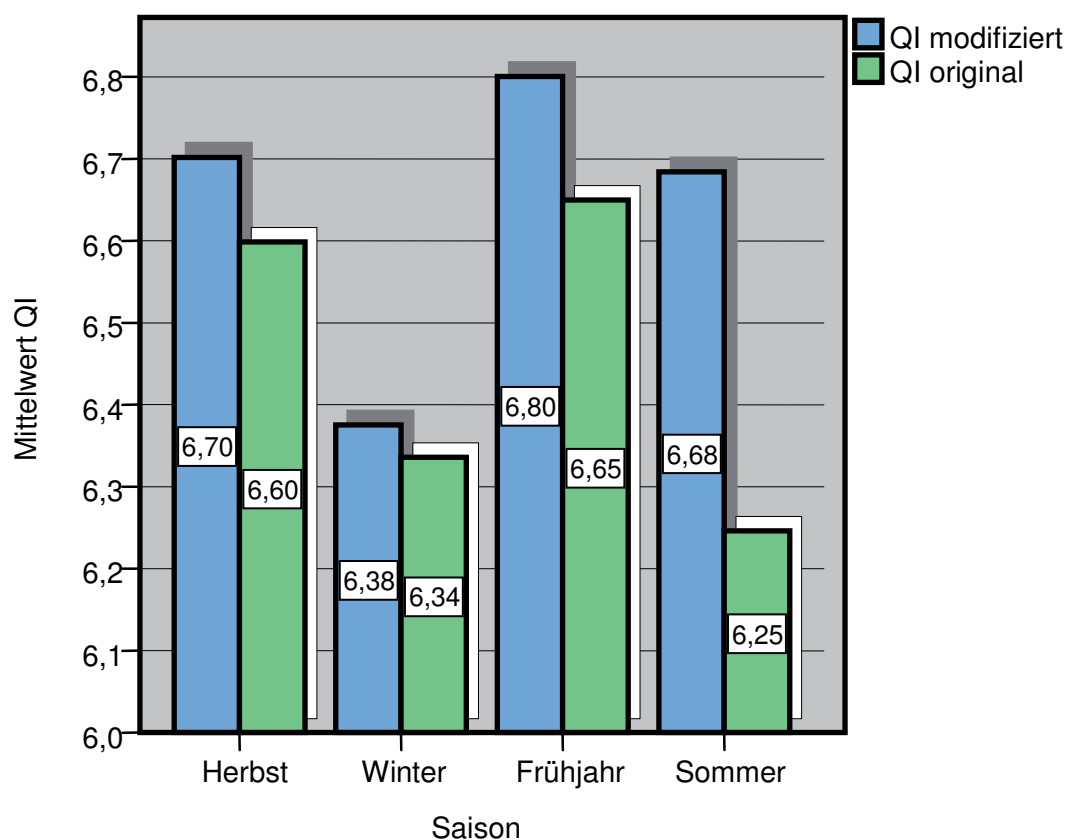
QI modifiziert: 6,640

QI original: 6,458

Gemäß  $QI_{\text{original}}$  wurden die besten mittleren Frischewerte im Sommer erzielt, dicht gefolgt von den Winterwerten. Mit einer etwas deutlicheren Distanz schlossen sich daran die Herbst- und Frühjahrsmittelwerte an (beide in etwa gleichauf).

Laut  $QI_{\text{modifiziert}}$  erwiesen sich mit gewissem Vorsprung die „Winterfische“ als die Gruppe mit der besten Frischequalität. „Sommer-“, „Herbst-“ und „Frühjahrsfische“ bildeten ein dichtes Saison-Cluster mit schwächeren Benotungen des Frischewerts (vgl. Abb. 4).

Abb. 4: Saisonale Mittelwerte des Qualitätsindex von  $QI_{\text{modifiziert}}$  und  $QI_{\text{original}}$



Aus Tabelle 17 mit den Ergebnissen der multiplen Einzelvergleiche geht hervor, dass sich – gemäß dem  $QI_{\text{original}}$  – die „Sommer-“ und „Winterfische“ bei der Fischfrische hoch signifikant von den „Herbst-“ und „Frühjahrsfischen“ unterschieden. Legt man den  $QI_{\text{modifiziert}}$  den multiplen Vergleichen zugrunde, so weist der mittlere Frischewert der „Winterfische“ hoch signifikante Differenzen im Vergleich zu den Mittelwerten der untersuchten Fische in den

übrigen Jahreszeiten auf. Der LSD- und der Bonferroni-Test stimmen in ihren Resultaten jeweils voll überein.

Tab. 17: Multiple Gruppenvergleiche für den Effekt des Saisonfaktors auf den Qualitätsindex mittels der statistischen Testverfahren LSD und Bonferroni

Abhängige Variable	Test	(I) Saison	(II) Saison	Signifikanz
QI modifiziert	LSD	Herbst	Winter	,000***
		Winter	Frühjahr	,000***
			Sommer	,000***
	Bonferroni	Herbst	Winter	,000***
		Winter	Frühjahr	,000***
			Sommer	,000***
QI original	LSD	Herbst	Winter	,000***
			Sommer	,000***
		Winter	Frühjahr	,000***
		Frühjahr	Sommer	,000***
	Bonferroni	Herbst	Winter	,000***
			Sommer	,000***
		Winter	Frühjahr	,000***
		Frühjahr	Sommer	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Der hoch signifikante Effekt der Interaktion zwischen Saison und Lagerungsdauer (vgl. Tab. 15) belegt, dass sich die Einflussintensität der verschiedenen Jahreszeiten auf die Frishe-werte im Laufe der Lagerungstage veränderte. Die Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen diese Situation (vgl. Tab. 44/45).

Abb. 5: Saisonaler Verlauf des Qualitätsindex ( $QI_{\text{original}}$ ) über die Lagerungsperiode

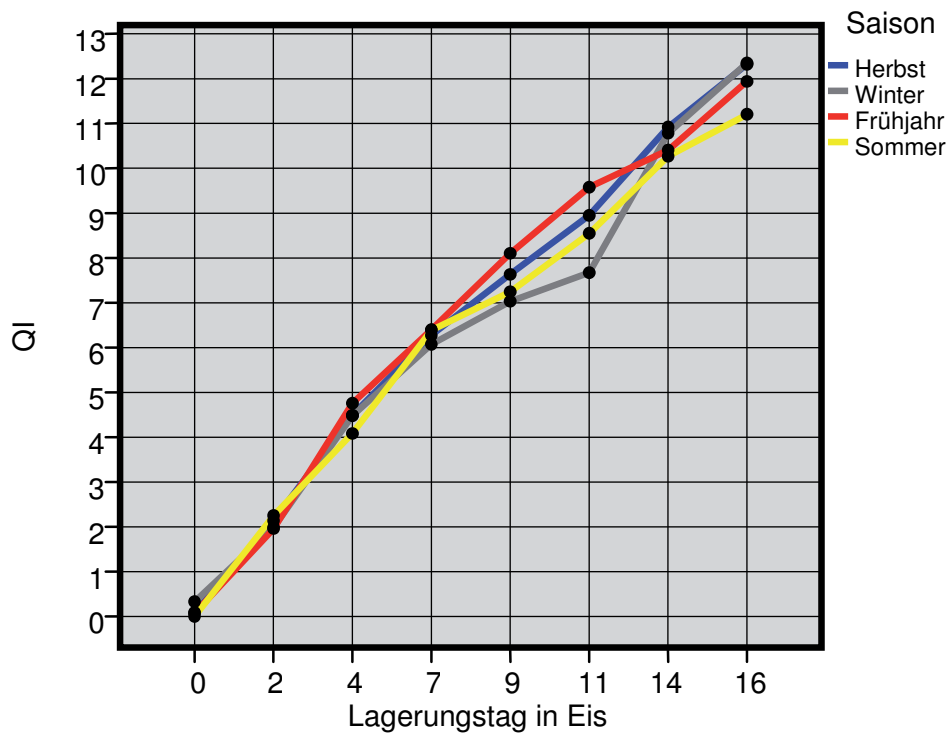
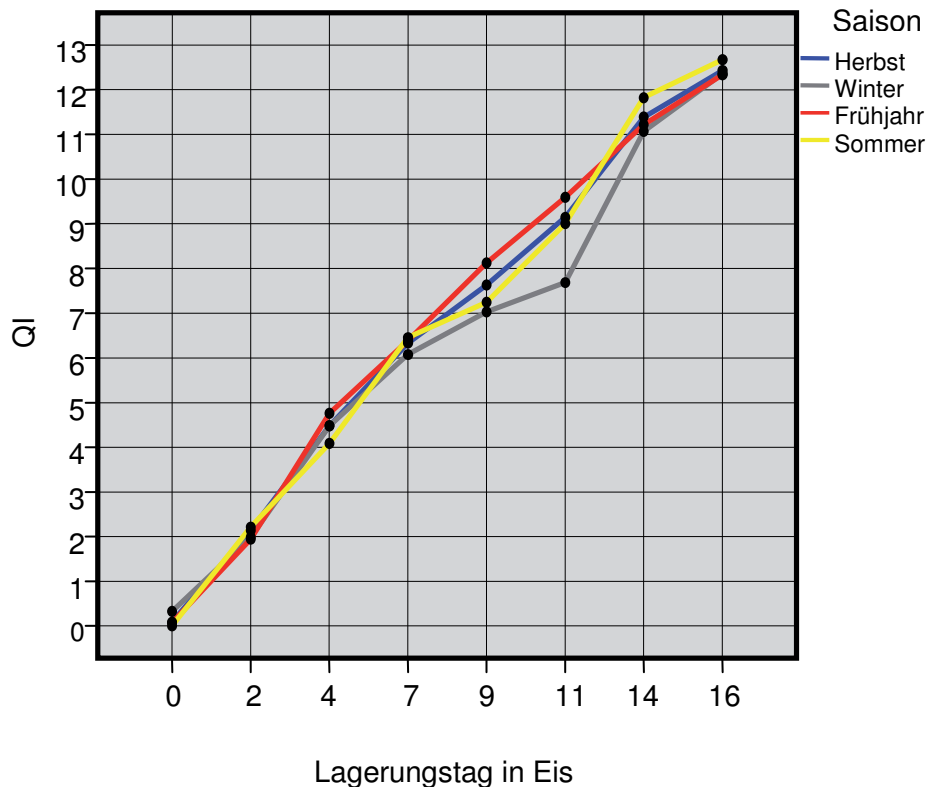


Abb. 6: Saisonaler Verlauf des Qualitätsindex ( $QI_{\text{modifiziert}}$ ) über die Lagerungsperiode



Bis zum Lagerungstag 7 verlief der Anstieg sämtlicher saisonaler Frischekurven nahezu homogen. An den Tagen 9 bis 11 kam es zu einer stärkeren Streuung bzw. Divergenz der mittleren Frischeparameter der Fische zu den verschiedenen Jahreszeiten. Die Diagrammkurven zeigten am 11. Tag eine markante Überlegenheit des winterlichen Frischegrades; diese Frischewerte erwiesen sich bei beiden Indices nach LSD- und Bonferroni-Test als hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ ).

Die Frischewerte der „Frühjahrsfische“ zeigten den niedrigsten QI. Innerhalb des Intervalls der Tage 9 bis 11 besetzten die „Sommerfische“ nach den „Winterfischen“ die zweitbeste Position. Während am 14. bzw. am 16. Tag, gemäß  $QI_{\text{modifiziert}}$ , alle saisonalen Verlaufskurven wiederum konvergierten, verkörperten laut  $QI_{\text{original}}$  die „Sommerfische“ am 16. Lagerungstag sichtbar die höchste Fischfrische gegenüber allen anderen Fischen ( $p \leq 0.001$ ; LSD- und Bonferroni-Test).

Resümierend ist bei Betrachtung beider QI-Versionen zu konstatieren, dass bei Anwendung des  $QI_{\text{modifiziert}}$  die „Winterfische“ die günstigste Position bei den Frischewerten einnahmen. Diese Fische wiesen sowohl als Totalmittelwert über die gesamte Messperiode als auch innerhalb des Intervalls vom 7. bis 14. Lagerungstag, insbesondere am Tag 11, die besten Werte auf. Die „Frühjahrs-“, „Sommer-“ und „Herbstfische“ zeigten demgegenüber schlechtere QI-Werte, die, intersaisonal betrachtet, eng beieinander lagen.

Bei einer Bonitierung mit Hilfe der  $QI_{\text{original}}$ -Werte waren es hingegen die Fische der Sommer- als auch der Wintersaison, die – generell und auch tagesabhängig – durch gute Werte hervortraten.

Bei diesem QI-Schema waren es die „Sommerfische“, die das günstigste Frischeniveau, d. h. den besten Totalmittelwert der Lagerungsperiode aufwiesen. Es folgten die „Winterfische“.

An den Lagerungstagen 9 und 11 nahmen die „Sommerfische“ die zweitbeste Position ein; an den Tagen 14 und 16 erreichten sie sogar die beste Position.

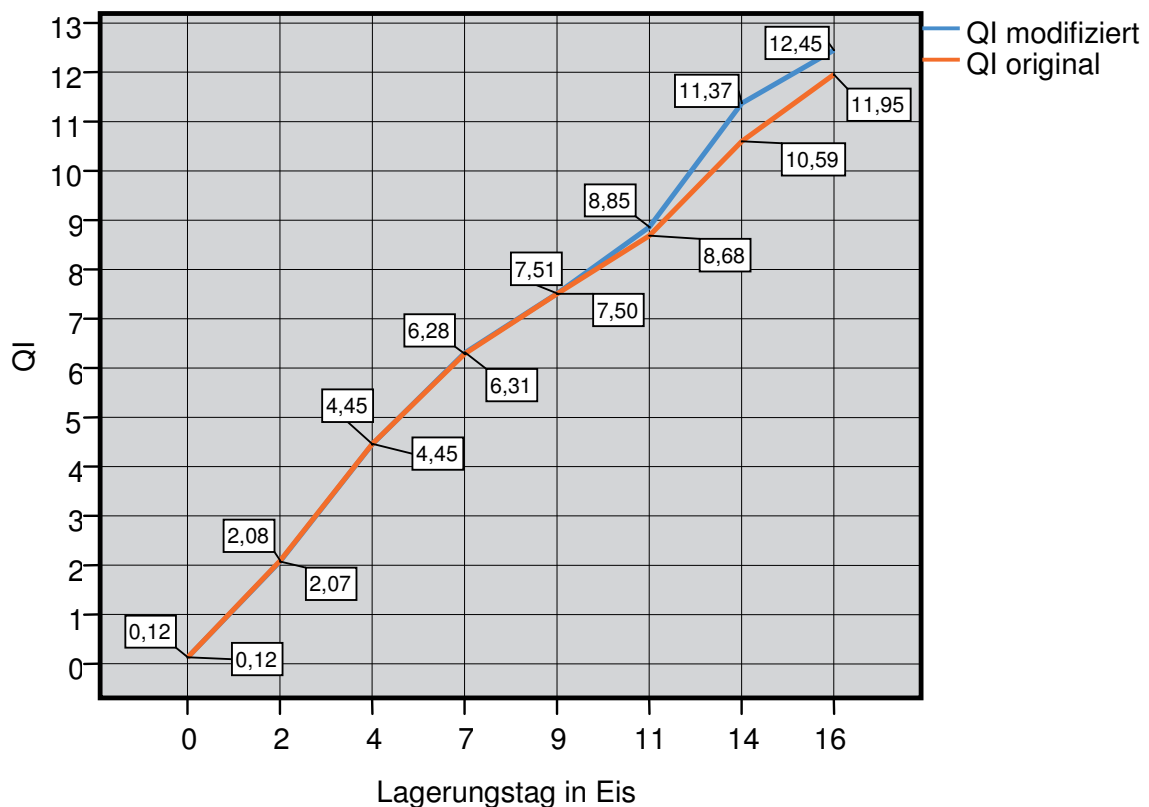
Ungeachtet der angewendeten QI-Methode erhielten stets die „Frühjahrs-“ und die „Herbstfische“ die ungünstigsten Frischebenotungen.

Saisonal traten zwar gewisse Differenzen bei den Frischeindices der QIM auf, jedoch waren diese unerheblich für die Gesamtbewertung. Nennenswerte Saisondifferenzen ergaben sich nur an wenigen Tagen, und dann auch nicht periodenübergreifend. Zwar trat für den Faktor Saison ein hoch signifikanter Haupteffekt ein (vgl. Tab. 17), jedoch wurde dieser durch den hierarchisch übergeordneten, ebenfalls hoch signifikanten Interaktionseffekt (Abhängigkeit der Existenz saisonaler Unterschiede von spezifischen einzelnen Lagerungstagen) überlagert.

#### 4.2.2 Vergleich der Qualitätsindices in Originalfassung und in modifizierter Fassung

Bei beiden QI-Versionen folgten die jahreszeitlichen Frischekurven über die gesamte Lagerungsperiode (vgl. Abb. 5/6) – abgesehen von den oben genannten partiellen Schwankungen – dem zu erwartenden linearen Anstieg gemäß der Konzeption dieses Messinstruments. Abbildung 7 zeigt den saisonunabhängigen lagerungszeitlichen Anstieg beider QI-Versionen, wobei der konzeptionelle Punktschritt zwischen der originalen und der modifizierten Variante vom 11. bis zum 14. Lagerungstag zunächst zunahm und anschließend bis zum 16. Tag stagnierte. Die Punktschrittdifferenz als Unterschied der Totalmittelwerte der beiden Indices betrug über die gesamte Lagerungsperiode 0,182 (vgl. Tab. 16). An den Tagen 14 und 16 lag die Punktdifferenz durchschnittlich bei ca. einem Dreiviertelpunkt (0,778) und ca. einem halben Benotungspunkt (0,498). Diese beiden – absolut gesehen - geringen Differenzbeträge entsprechen jedoch innerhalb der betreffenden Fischstichproben jeweils einem hoch signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,001$ ; t-Test).

Abb. 7: Qualitätsindex-Verlauf des QI<sub>modifiziert</sub> und QI<sub>original</sub> über die Lagerungsperiode



Bei Betrachtung der jahreszeit-spezifischen Liniendiagramme (Abb. 5/6) wird sichtbar, dass der  $QI_{\text{original}}$  etwa ab der Hälfte der Lagerungsperiode eine moderat stärkere Streuung der saisonalen Indexverläufe aufwies, wobei am 16. Lagerungstag – im Gegensatz zu den insgesamt stärker konvergierenden Kurven des  $QI_{\text{modifiziert}}$  – den „Sommerfischen“ noch die hoch signifikant beste Frischeposition zugeordnet werden konnte. Beide Indices belegten, dass die „Winterfische“ zuvor (am 11. Tag) die hoch signifikant besten Frischewerte erzielten.

Die Pearson-Korrelation der beiden Indices beträgt zeitübergreifend  $r=0.993$  ( $p \leq 0.001$ ). Unter den zeitpunktspezifischen Korrelationen lag der höchste Wert an Tag 4 mit  $r=0.999$  ( $p \leq 0.001$ ) vor. An den Tagen 11 bis 16 traten erwartungsgemäß die schwächsten Zusammenhänge in stetig fallender Größenordnung auf mit Korrelationskoeffizienten von  $r=0.907_{\text{Tag11}}$  ( $p \leq 0.000$ ),  $r=0.378_{\text{Tag14}}$  ( $p \leq 0.05$ ) und  $r=0.136_{\text{Tag16}}$  (ns). Insofern lässt sich am 14. Tag nicht mehr von einer hohen Konkordanz der Messungen zwischen originaler und modifizierter Variante sprechen. Am 16. Tag auf Eis waren die anhand der beiden QIM-Versionen durchgeführten Benotungen der Fischfrische schließlich voneinander unabhängig. Ergo korrelieren die nach dem  $QI_{\text{original}}$  und dem  $QI_{\text{modifiziert}}$  resultierenden Rangordnungen der Fische innerhalb der jeweiligen Stichprobe nicht mehr substantiell.

#### **4.3 Sensorische Beurteilung der Filets durch die Sensorische Profilprüfung (SPP)**

Die folgenden Analysen gründen sich auf die vier per PCA extrahierten Indices der SPP (vgl. Kap. 4.1.1). Tabelle 18 stellt die Aufgliederung der Hauptfaktoren dar mit der dazugehörigen Anzahl der Fischstichproben auf den einzelnen Faktorstufen.

Tabelle 19 listet das Ergebnis der zweifaktoriellen Kovarianzanalyse auf mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer für sämtliche SPP- Indices. Als Kovariable fungiert das Fischgewicht am Lagerungstag (=Messtag).

**Tab. 18:** Faktoren, Faktorstufen und Stichprobengrößen der zweifaktoriellen Varianzanalyse der Indices der Sensorischen Profilprüfung

Faktorstufen		Wertelabel	N
Saison	1	Herbst	52
	2	Winter	43
	3	Frühjahr	47
	4	Sommer	46
Lagerungstag	1	Tag 2	28
	2	Tag 4	27
	3	Tag 7	30
	4	Tag 9	25
	5	Tag 11	27
	6	Tag 14	25
	7	Tag 16	26

**Tab. 19:** Ergebnisse der zweifaktoriellen Kovarianzanalyse der Indices der Sensorischen Profilprüfung mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer

Faktor / Interaktion	Parameter / Abh. Variable	F	df	Signifikanz
Saison	Sensorik total	1,570	3	,199
	Textur	5,231	3	,002**
	Geruch	,609	3	,610
	Geschmack	2,742	3	,045*
Lagerungstag	Sensorik total	138,382	6	,000***
	Textur	48,174	6	,000***
	Geruch	41,507	6	,000***
	Geschmack	175,434	6	,000***
Saison * Lagerungstag	Sensorik total	3,257	18	,000***
	Textur	2,080	18	,009**
	Geruch	2,358	18	,002**
	Geschmack	3,511	18	,000***

\* signifikant ( $p \leq ,05$ )

\*\* sehr signifikant ( $p \leq ,01$ )

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )



Für den Wirkfaktor Saison wies die Varianzanalyse lediglich bei 2 von 4 Indices – Textur und Geschmack – einen sehr signifikanten bzw. signifikanten Haupteffekt aus, während für die unabhängige Variable Lagerungsdauer, wie auch für die zweifaktorielle Interaktion, zumeist hoch signifikante Einflüsse jeweils auf alle vier Indices wirkten. Der jeweilige arithmetische Gesamtmittelwert der SPP-Indices Textur bzw. Geschmack – gleichbedeutend mit dem Mittelwert des zeitlichen Gesamtverlaufs (Tag 0 ... Tag 16) des spezifischen Parameters – differierte von daher substantiell unter den Jahreszeiten, wie Tabelle 20 mit den saisonalen deskriptiven Statistiken im Einzelnen darstellt (vgl. Abb. 8/9). Festzuhalten bleibt, dass weder der SPP-Totalindex „Sensorik total“ noch die Geruchsdimension eine substantielle saisonale Sensitivität aufwiesen.

**Tab. 20:** Deskriptive Statistiken der Indices der Sensorischen Profilprüfung bei dem Faktor Saison

Index	Saison	Mittelwert	Standard- fehler	95%- Konfidenzintervall	
				Unter- grenze	Ober- grenze
Sensorik total	Herbst	63,845	,799	62,267	65,423
	Winter	65,528	,991	63,569	67,486
	Frühjahr	65,925	,980	63,989	67,861
	Sommer	65,971	1,613	62,785	69,156
Textur	Herbst	62,200	1,311	59,611	64,789
	Winter	68,476	1,627	65,263	71,689
	Frühjahr	68,773	1,608	65,596	71,950
	Sommer	63,275	2,646	58,049	68,502
Geruch	Herbst	70,397	,934	68,553	72,242
	Winter	69,194	1,159	66,905	71,483
	Frühjahr	69,573	1,146	67,310	71,836
	Sommer	67,975	1,885	64,251	71,699
Geschmack	Herbst	61,122	,910	59,325	62,918
	Winter	60,135	1,129	57,905	62,364
	Frühjahr	60,644	1,116	58,440	62,849
	Sommer	67,330	1,837	63,703	70,957

Abb. 8: Saisonale Mittelwerte der Textur aus der Sensorischen Profilprüfung

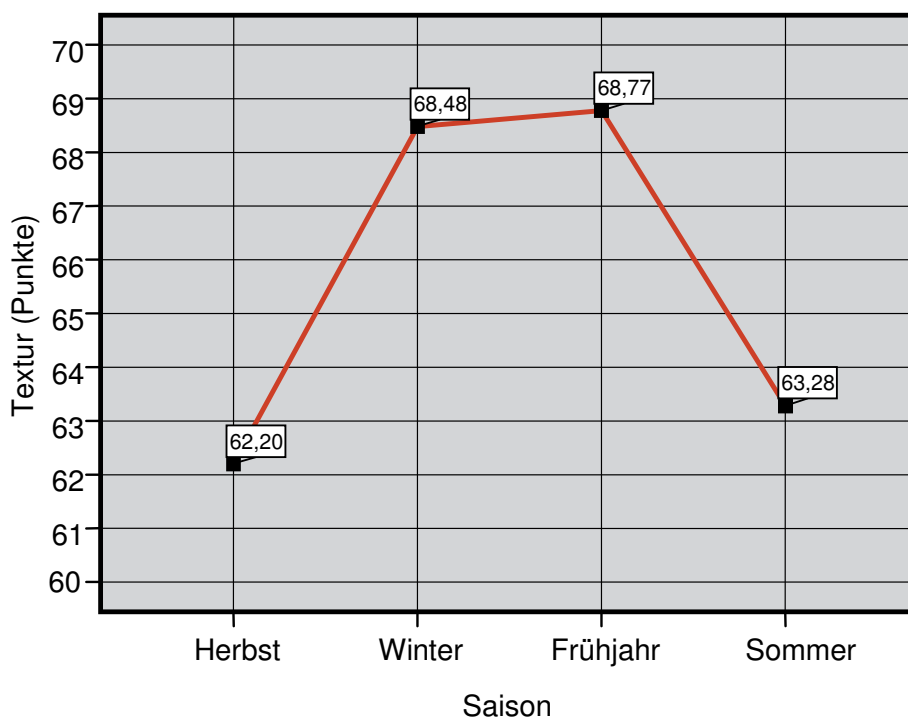
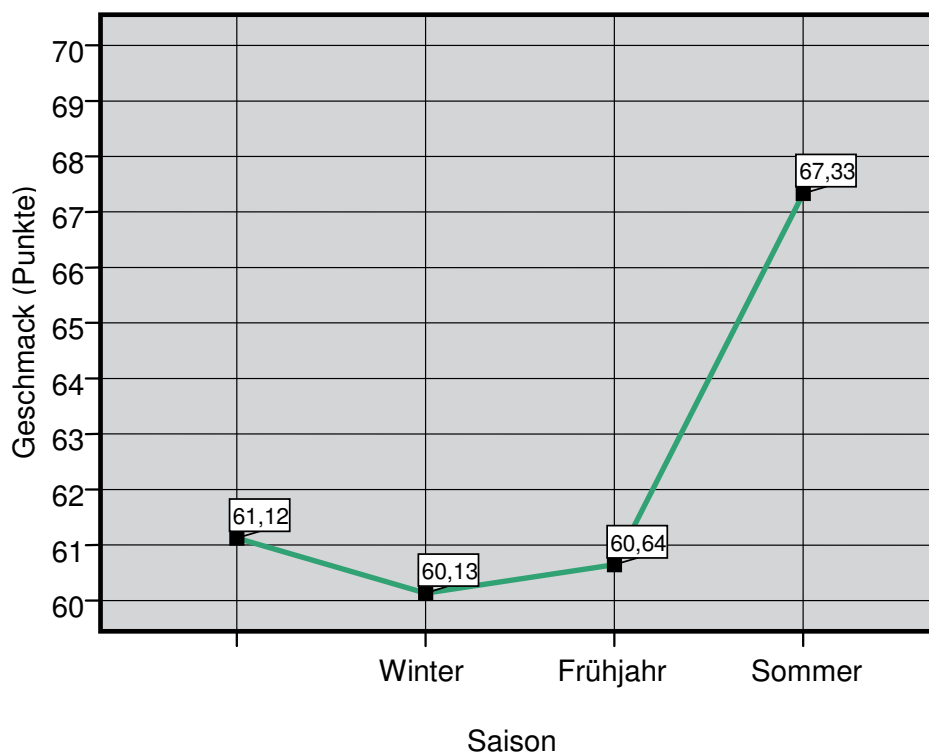


Abb. 9: Saisonale Mittelwerte des Geschmacks aus der Sensorischen Profilprüfung

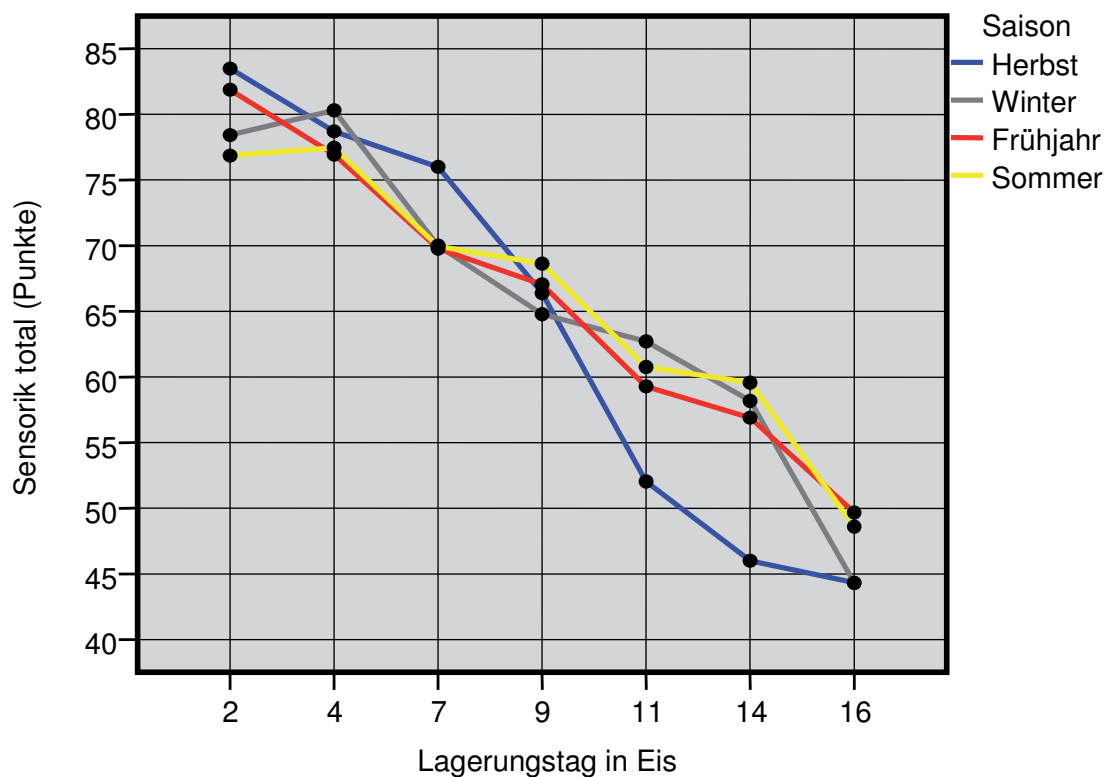


Bei eingehender Betrachtung von Ausmaß und Richtung der Mittelwertunterschiede wird deutlich, dass die auf der Basis der Textur ermittelte Frische der Fische im Winter und im Frühjahr relativ hoch bewertet wurde, wohingegen bei der Beurteilung des Geschmacks in diesen beiden Jahreszeiten die relativ niedrigsten Scores erlangt wurden. Während die „Sommerfische“ wie auch die „Herbstfische“ bei der Textur eher schwächer positioniert waren, wiesen die „Sommerfische“ bei dem Kriterium Geschmack mit Abstand die besten Frischewerte auf.

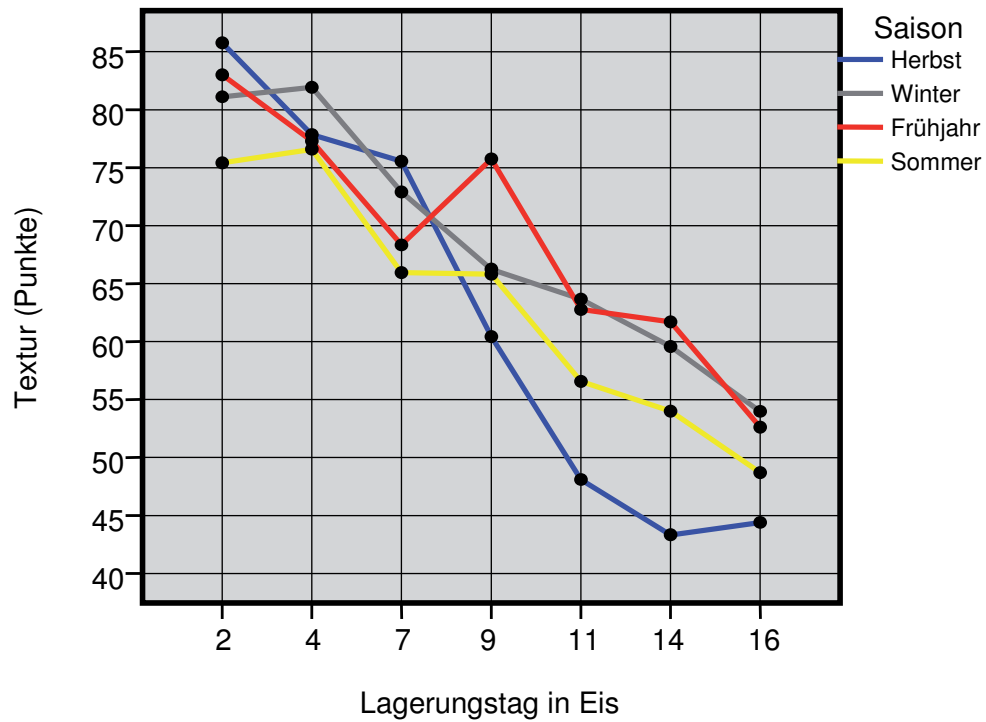
Sämtliche dieser genannten Mittelwertdifferenzen waren zwischen den einzelnen Jahreszeiten hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ ; LSD- und Bonferroni-Test). Ergo resultierte hieraus, je nach spezifischer SPP-Subdimension, eine konträre jahreszeitliche Frischerangordnung (vgl. Abb. 8/9).

Über die Bewertung der Subdimensionen Textur und Geschmack kamen die Prüfer zu divergierenden Urteilen über die durchschnittliche jahreszeitliche Frische von Fischen.

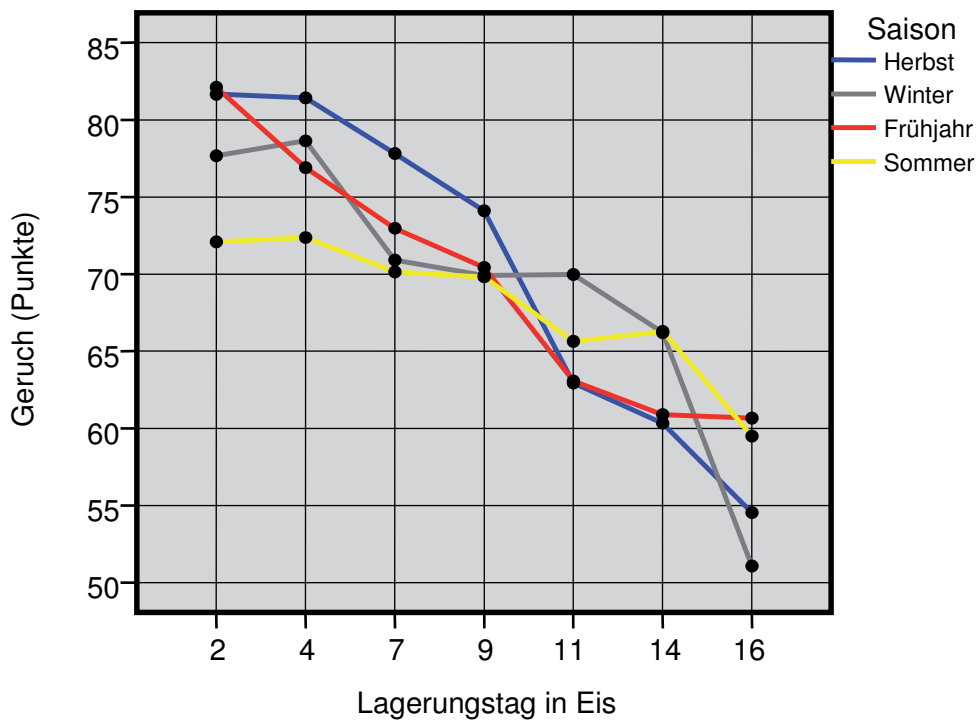
**Abb. 10:** Saisonale Sensorik-Total-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode



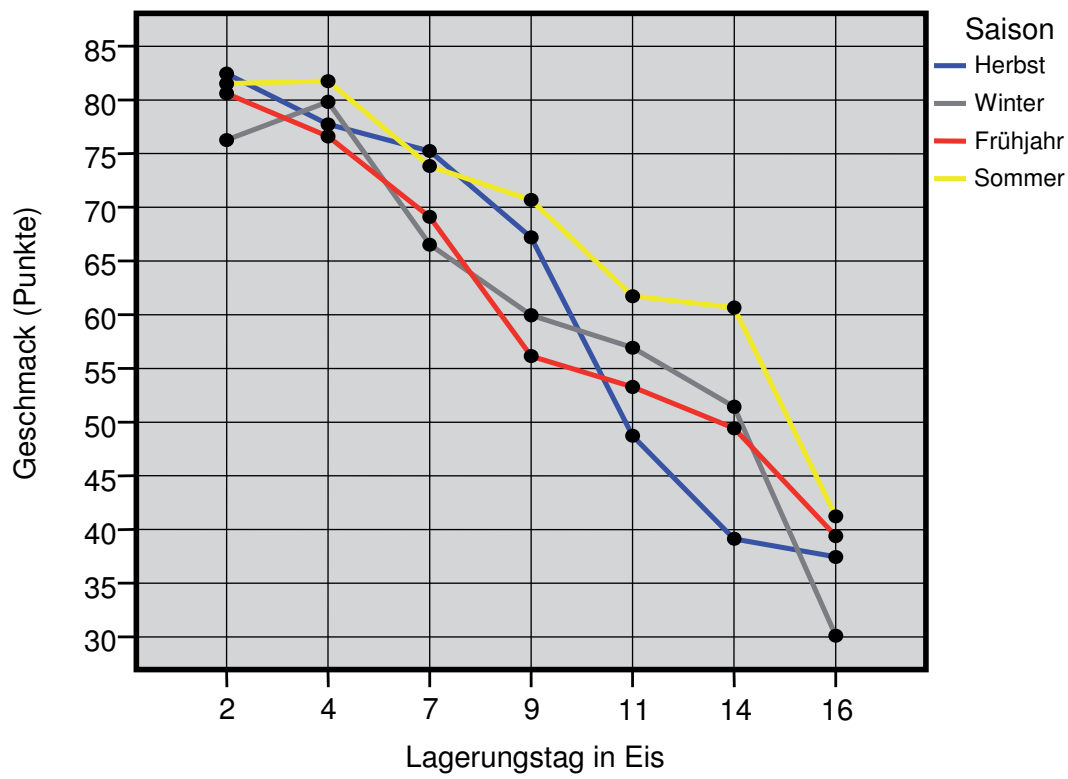
**Abb. 11:** Saisonale Textur-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode



**Abb. 12:** Saisonale Geruchs-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode



**Abb. 13:** Saisonale Geschmacks-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode



Die Darstellung der Interaktionsdiagramme bzw. der Diagramme der lagerungszeitlichen Gesamtverlaufskurven aller Jahreszeiten für die vier SPP-Indices (vgl. Abb. 10 bis 13 und Tab. 46 bis 49) belegt, dass sich die saisonalen Frischekurven während der gesamten Lagerungszeit überwiegend unsystematisch kreuzen, wobei sich auch hier zwischen den verschiedenen Indices keine Regelmäßigkeit manifestierte.

Auch verdeutlicht dieser Befund, dass die Einwirkung des Faktors Jahreszeit auf die Frische zu keiner durchgehenden bzw. periodenhaften Stabilität führt.

Von den durch die periodenübergreifenden Mittelwerte (Niveaumittelwerte) ausgewiesenen intersaisonalen Relationen (vgl. Tab. 20) lassen sich im Zeitverlauf der Lagerung punktuell nachstehende Rangpositionen der Fischfrische zu den verschiedenen Jahreszeiten entsprechend wiederfinden:

- Sensorik-Total-Verlauf:  
die schlechteste Positionierung nahmen die „Herbstfische“ am 11. und 14. Lagerungstag ein;
- Textur-Verlauf:  
die beste Bewertung erreichten die „Herbst-“ und „Frühjahrsfische“ am 11., 14. und 16. Lagerungstag;
- Geruchs-Verlauf:  
die schlechteste Rangposition erhielten die „Sommerfische“ am 2. und 4. Lagerungstag und
- Geschmacks-Verlauf:  
die beste Beurteilung erzielten die „Sommerfische“ am 14. Lagerungstag.

Bei diesen durch hoch signifikante LSD- und Bonferroni-Tests abgesicherten Ergebnissen ( $p \leq 0.001$ ) handelt es sich punktuell um statistische Befunde, die weder auf eine längerfristige zeitliche Stabilität noch auf eine Generalisation der jahreszeitlichen Rangordnung der Fischfrische hindeuten.

Die saisonalen Effekte auf die Frischegradbeurteilung mittels QIM und SPP lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Es existierten signifikante saisonale Unterschiede im Mittelwertniveau der Frischegradbeurteilung über die gesamte Lagerungszeit, jedoch wurden diese Unterschiede nur an wenigen Tagen sichtbar, nicht aber konsekutiv.

Ab dem 9. bzw. dem 11. Lagerungstag nahm die Streuung hinsichtlich der mittleren Frischewerte zwischen den Jahreszeiten zu.

Während die aus den saisonalen Effekten hergeleiteten Werte ihren Niederschlag in dem  $QI_{\text{original}}$ , als auch in dem  $QI_{\text{modifiziert}}$  fanden, so entzogen sich diese Werte jedoch dem SPP-Totalindex als auch dem SPP-Geruchsindex.

Die Frishekurven der QIM folgten bei punktuellen Abweichungen, gemäß der QIM-Konzeption, annähernd einem linearen Verlauf. Dagegen verhielten sich die Frishekurven der SPP-Indices „unsystematischer“ und auch variabler.

Bei beiden QIM-Indices wiesen die „Winterfische“ die besten Frischescores auf; bei Zugrundelegung des  $QI_{\text{original}}$  erreichten die „Sommerfische“ ein vergleichbares Niveau. Diese günstige Frischebeurteilung erzielten auch die „Winterfische“ bei der SPP-Textur-Dimension. Im Rahmen der SPP- Beurteilung waren die „Frühjahrsfische“ den „Winterfischen“

gleichwertig. Legt man dagegen die QIM-Ergebnisse zugrunde, so erhielten hier die „Frühjahrsfische“ gemeinsam mit den „Herbstfischen“ die schlechtesten Frischescores. Die gute Frischeposition der „Sommerfische“ des  $QI_{\text{original}}$  deckte sich mit der Beurteilung der SPP- Geschmacks-Dimension.

Beiden Messmethoden entsprechend, QIM als auch SPP, waren sowohl die „Winterfische“ als auch die „Sommerfische“ durch gute Frische charakterisiert.

Insgesamt gesehen erreichten die saisonbezogenen Übereinstimmungen der Prüfergebnisse von QIM und SPP lediglich ein moderates Ausmaß.

Prinzipiell erwiesen sich die Prüfergebnisse mittels QIM als verlässlicher, da bei den SPP-Indices, im Gegensatz zu QIM, Polaritäten auftraten, die zwischen SPP-Textur- und Geschmacksdimension bei den Bewertungen von „Winter-“, „Frühjahrs-“ und „Sommerfischen“ existierten (vgl. Abb. 8/9).

Saisonale Divergenzen bei den Frischebewertungen der SPP werden auch auf der Basis der Mittelwertsplit-Verteilungen der Frischewerte sichtbar. Für jeden einzelnen der vier SPP-Parameter ist der Gesamtmittelwert über alle Jahreszeiten und alle Untersuchungstage ermittelt worden (Tab. 21).

Tab. 21: Gesamtmittelwert der Subdimensionen der Sensorischen Profilprüfung

Statistik	Sensorik total	Textur	Geruch	Geschmack
N	188	188	188	188
Mittelwert	65,542	65,807	69,39	62,711

Auf dieser Grundlage sind zwei Wertegruppen gebildet worden:

- a) Werte < arithmetisches Mittel
- b) Werte > arithmetisches Mittel

Die nachstehenden Diagramme (Abb. 14 bis 17) zeigen die Werte der vier SPP-Parameter zu den verschiedenen Jahreszeiten. Mit fortschreitender Lagerzeit verlaufen die Werte in unterschiedlichem Ausmaß von einer Position über zu einer unter dem Gesamtmittelwert.

Abb. 14: Verteilung der Sensorik-Total-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts)

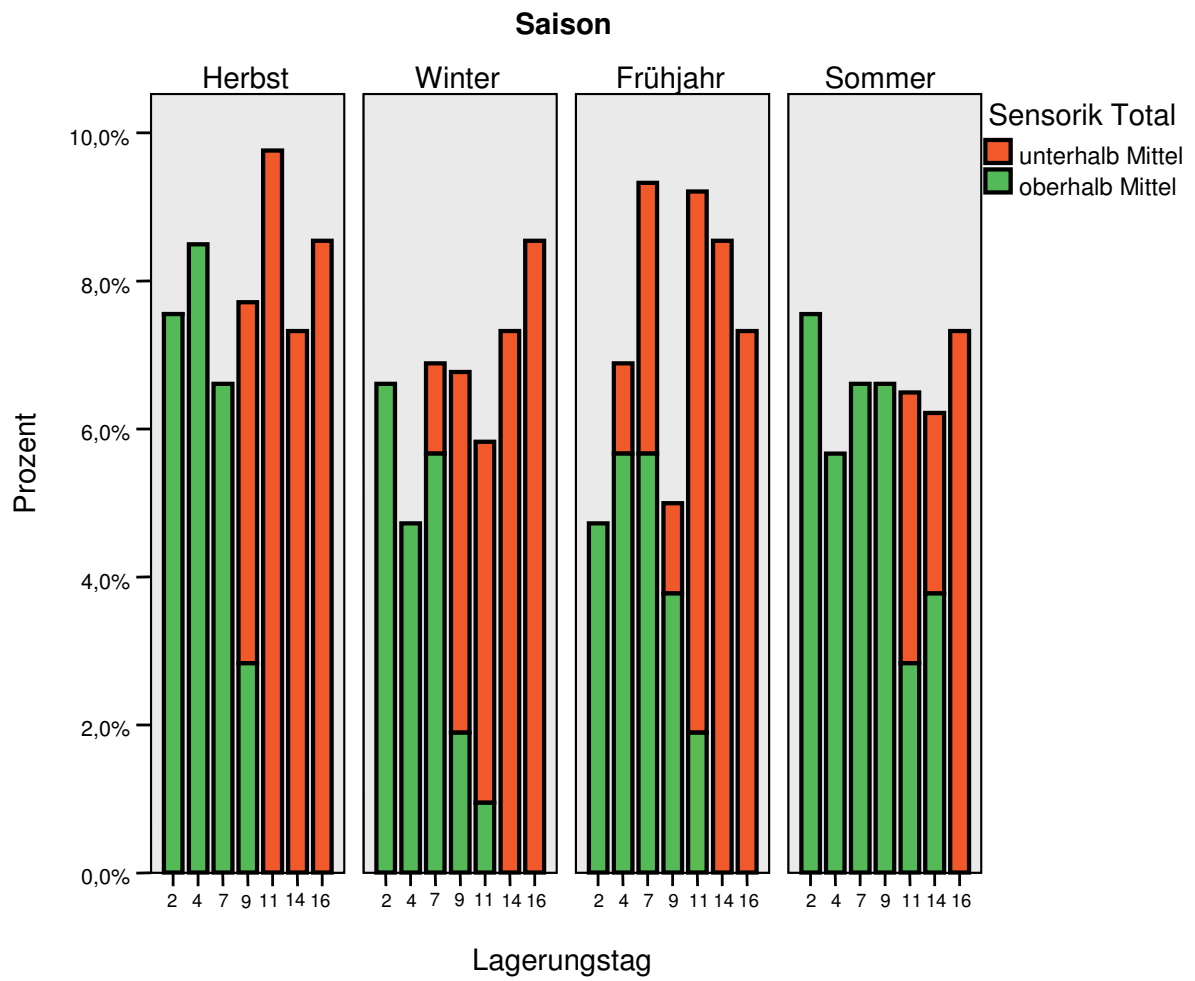




Abb. 15: Verteilung der Textur-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts)

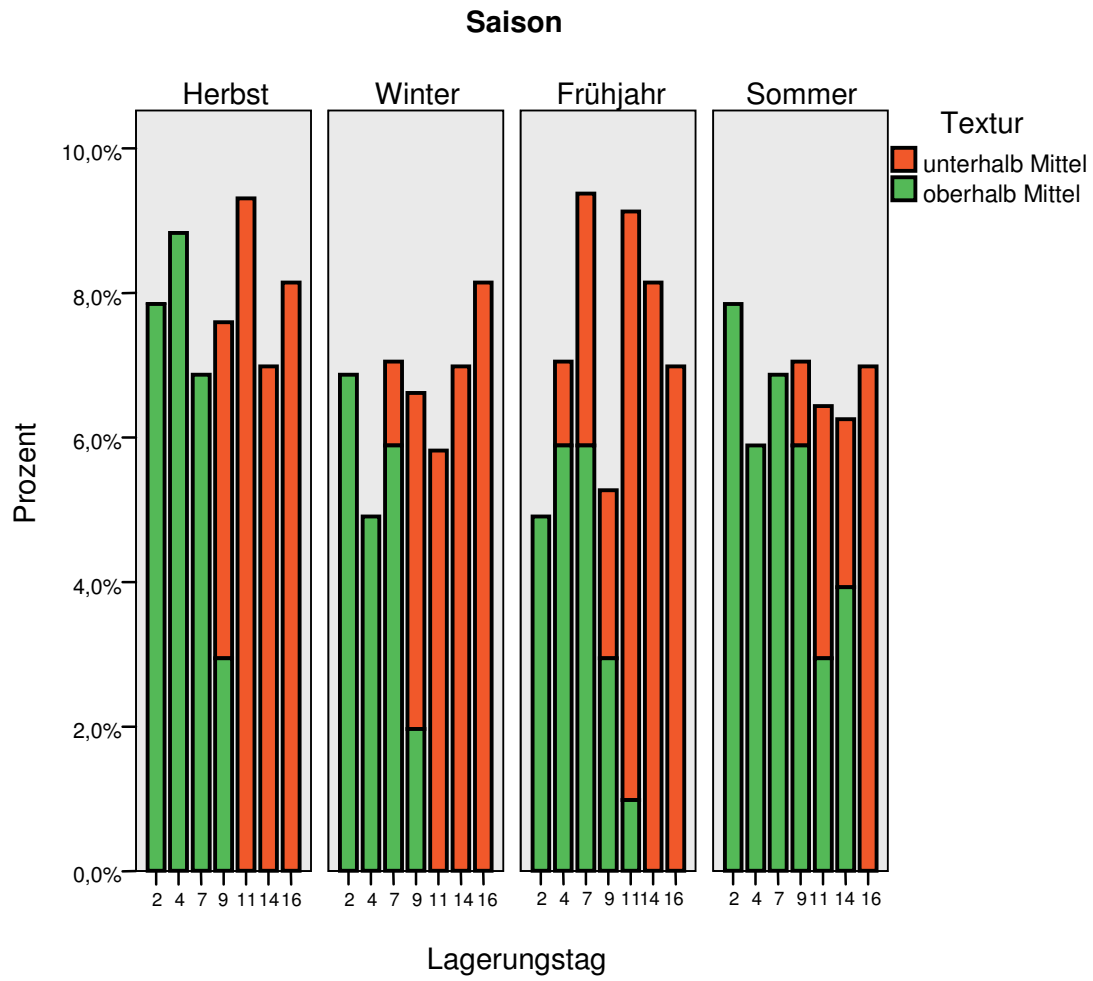


Abb. 16: Verteilung der Geruch-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts)

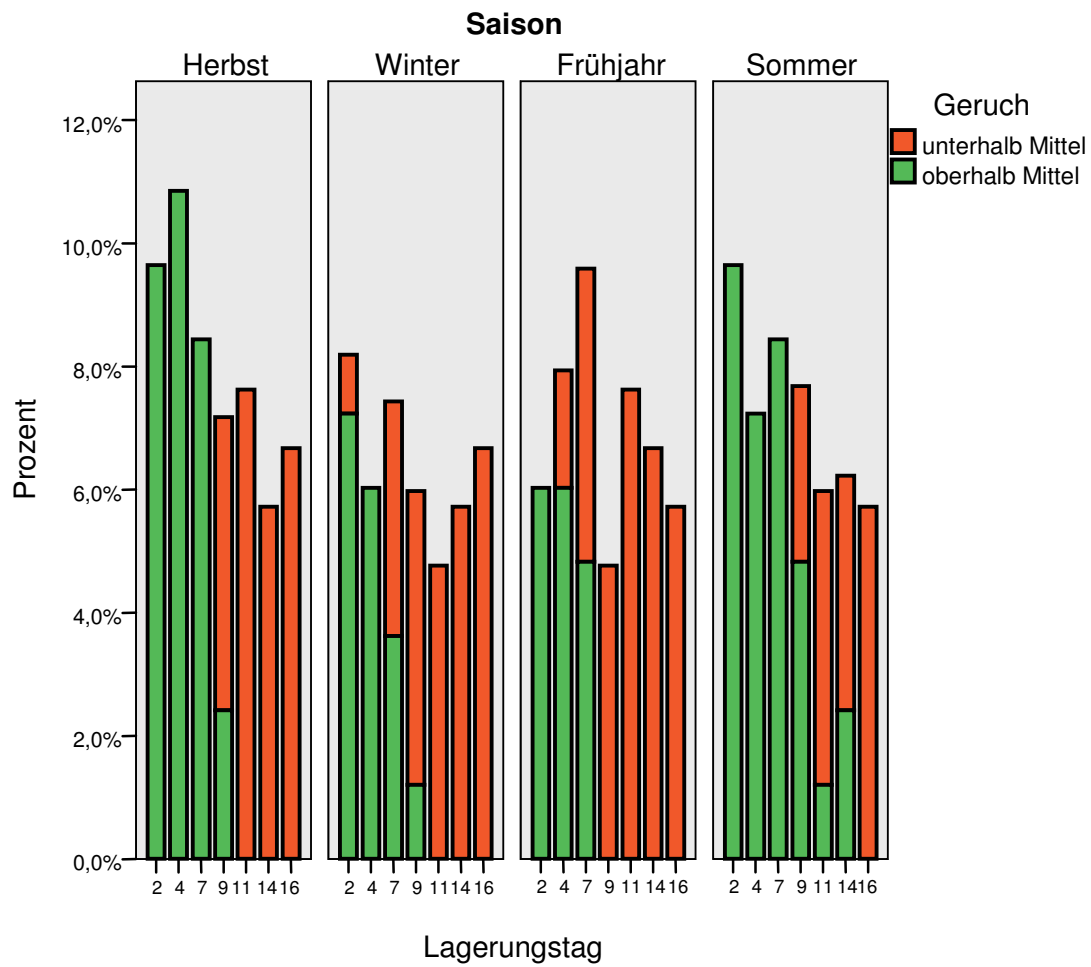
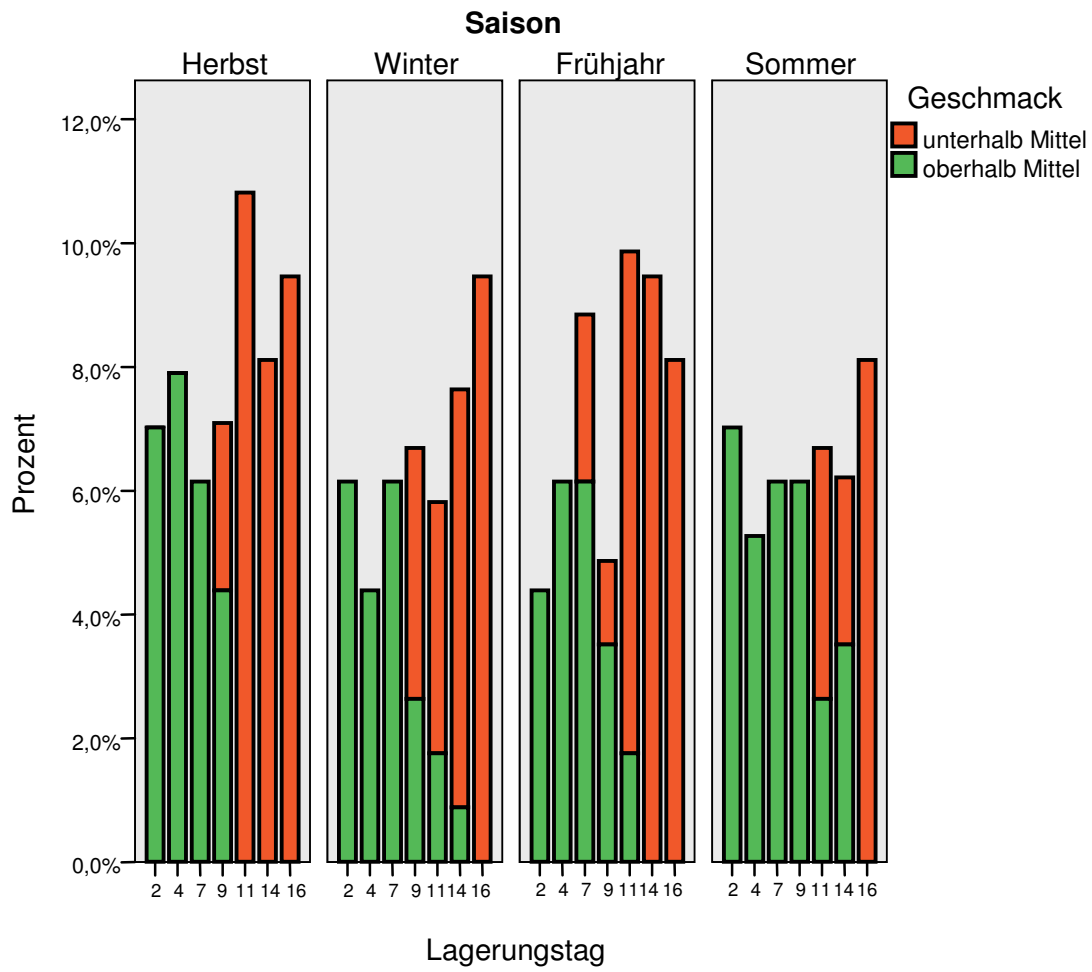


Abb. 17: Verteilung der Geschmack-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts)



#### **4.4 Vergleich zwischen Qualitäts-Index-Methode und Sensorischer Profilprüfung sowie Informationsbeiträge der physiko-chemischen Parameter**

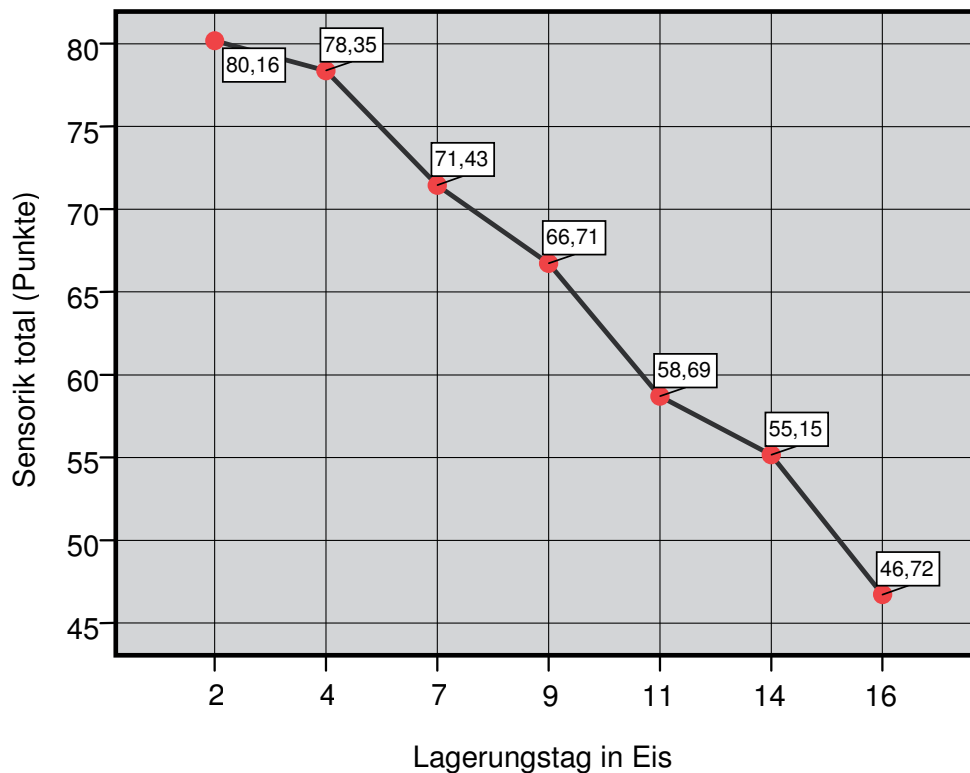
Erste Ergebnisse der Qualitäts-Index-Methode und der Sensorischen Profilprüfung wurden oben dargelegt.

Zum Zwecke einer sicheren Prognose des Frischegrades wurde der Konstruktion der QIM ein lineares Modell unterlegt; der QI steigt mit zunehmender Lagerungszeit der Fische auf Eis linear an.

Dieses Modell war auch innerhalb der vorliegenden Gesamtstichprobe gültig in Analogie zu der linearen Konzeption (vgl. Abb. 5/6). Selbst bei einem Aufbrechen des Gesamtkollektivs durch einen systematischen Einflussfaktor, wie dem der Jahreszeit, blieb die lineare Aszendenz - ungeachtet punktueller Deviationen - im Wesentlichen erhalten (vgl. Abb. 7).

Abbildung 18 verdeutlicht, wie auch die Frishekurve des SPP-Totalindex, in etwa einem linearen (deszendierenden) Trend folgte. Jedoch galt dieses nicht für die saisonalen Verläufe (vgl. Abb. 11,12,13). Innerhalb einer einzelnen spezifischen Jahreszeit sind hier zuverlässige Vorhersagen der Fischfrische für bestimmte Lagerungszeitpunkte nicht möglich.

Abb. 18: Total-Index aus der Sensorischen Profilprüfung im Lagerungsverlauf



Die generell bessere Prognosekompetenz des QI ergibt sich auch aus den mittleren Interkorrelationen der an den einzelnen Lagerungstagen gemessenen Frischescores. Das arithmetische Mittel aller bivariater Korrelationen zwischen den Lagerungstagen betrug  $r_M=0.561$  bzw.  $r_M=0.544$  (jeweils  $p \leq 0.001$ ) für den  $QI_{\text{original}}$  bzw.  $QI_{\text{modifiziert}}$  und lediglich  $r_M=0.440$  ( $p \leq 0.01$ ) für den Total-Index (Sensorik-Total) der Sensorischen Profilprüfung.

Die entsprechenden mittleren Zusammenhangskoeffizienten für die SPP-Subdimensionen waren bei  $r_M=0.483$  ( $p \leq 0.05$ ) (Textur),  $r_M=0.302$  ( $p \leq 0.05$ ) (Geruch) und  $r_M=0.466$  ( $p \leq 0.01$ ) (Geschmack) lokalisiert. Mithin scheint der Textur-Index die genauere lineare Vorhersagemöglichkeiten zu eröffnen, sowohl im Vergleich zu den beiden anderen spezifischen sensorischen Indices als auch im Vergleich zu dem Gesamt-Index der SPP.

Die Feststellung, dass sich die Prognosefähigkeit der SPP zu relativ großen Anteilen auf den Merkmalen von Textur- und Geschmack-Dimension gründet und nur geringfügig auf dem Geruchs Urteil, bestätigt sich in den Korrelationen der einzelnen Subindices mit dem SPP-Total-Index (Tab. 22).

**Tab. 22:** Pearson-Interkorrelationen der Dimensionen aus der Sensorischen Profilprüfung

Index / Faktor	Statistik	Textur	Geruch	Geschmack
Sensorik total	Korrelation	,896	,807	,912
	Signifikanz	,000	,000	,000
	N	188	188	188
Textur	Korrelation		,771	,614
	Signifikanz		,000	,000
	N		188	188
Geruch	Korrelation			,790
	Signifikanz			,000
	N			188

Sämtliche Korrelationen sind hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Die Homogenitätskennwerte betragen für Textur und Geschmack respektable  $r=0.896$  bzw.  $r=0,912$  (jeweils  $p \leq 0.001$ ), für den Geruch lediglich  $r=0,807$  ( $p \leq 0.001$ ). Der insgesamt geringste Zusammenhang existierte mit  $r=0.614$  ( $p \leq 0.001$ ) zwischen Textur und Geschmack, obwohl beide mit dem Total-Index stark assoziiert waren.

Die Korrelation zwischen  $QI_{\text{original}}$  und  $QI_{\text{modifiziert}}$  fiel mit  $r=0.993$  ( $p \leq 0.001$ ) erwartungsgemäß hoch aus und kann daher als Indiz einer „identischen Messung“ angesehen werden.

**Tab. 23:** Pearson-Korrelationen zwischen Qualitätsindex und Indices der Sensorischen Profilprüfung

Index / Faktor	Statistik	QI modifiziert	QI original
Sensorik total	Korrelation	-,864	-,869
	Signifikanz	,000	,000
Textur	Korrelation	-,741	-,750
	Signifikanz	,000	,000
Geruch	Korrelation	-,730	-,733
	Signifikanz	,000	,000
Geschmack	Korrelation	-,872	-,873
	Signifikanz	,000	,000

N = 188

Sämtliche Korrelationen sind hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Die ermittelten Relationen zwischen den Messinstrumenten verdeutlichen, dass auch QI und SPP-Total-Index hoch korrelieren, ohne dabei die Größenordnung einer identischen Messung zu erreichen (vgl. Tab. 23). Bei Koeffizienten von  $r \geq 0.80$  wird eher von einer äquivalenten Messung gesprochen (BORTZ, 2005). Unter den Subdimensionen der SPP nahm der Geschmack die stärkste Beziehung zum QI auf.

Um das Ausmaß der lagerungszeitlichen Linearität und damit auch das Prognosevermögen der verschiedenen Instrumente und Dimensionen zu verdeutlichen, werden im Folgenden die Korrelationen zwischen dem QI und der SPP einerseits und dem zeitlichen Verlauf der Lagerungstage bzw. der Lagerungszeit andererseits dargestellt. Eine deskriptive Beurteilung der Stabilität dieser Korrelationen sowie die jahreszeitlichen Koeffizienten zeigen die Tabellen 24 und 25.

**Tab. 24:** Pearson-Korrelationen zwischen Qualitätsindex und Lagerungszeit (generell und jahreszeitspezifisch)

Saison	QI modifiziert			QI original		
	Korrelation	Signifikanz	N	Korrelation	Signifikanz	N
Gesamt	,985	,000	340	,976	,000	340
Herbst	,990	,000	80	,990	,000	80
Winter	,988	,000	80	,988	,000	80
Frühjahr	,985	,000	80	,979	,000	80
Sommer	,983	,000	100	,976	,000	100

Sämtliche Korrelationen sind hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ ).

**Tab. 25:** Pearson-Korrelationen zwischen Indices der Sensorischen Profilprüfung und Lagerungszeit (generell und jahreszeitspezifisch)

Index / Faktor	Statistik	Gesamt	Herbst	Winter	Frühjahr	Sommer
Sensorik total	Korrelation	-,868	-,930	-,891	-,861	-,847
	Signifikanz	,000	,000	,000	,000	,000
Textur	Korrelation	-,738	-,870	-,733	-,658	-,756
	Signifikanz	,000	,000	,000	,000	,000
Geruch	Korrelation	-,732	-,822	-,764	-,726	-,605
	Signifikanz	,000	,000	,000	,000	,000
Geschmack	Korrelation	-,883	-,926	-,892	-,890	-,873
	Signifikanz	,000	,000	,000	,000	,000

N = 188 (Gesamt), n = 52 (Herbst), n = 43 (Winter), n = 47 (Frühjahr), n = 46 (Sommer)

Sämtliche Korrelationen sind hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ ).

Evident wird, dass beim QI die höheren Koeffizienten vorlagen und somit eine bessere Adaptation an die lineare Funktion der Frischescores im Zeitverlauf der Lagerung auf Eis besteht. Während beim QI mit Abstand sämtliche Korrelationen die Marke von  $r=|0.90|$  überschritten und der niedrigste Zusammenhang  $r=0.976$  betrug, streuten die Koeffizienten bei der SPP vergleichsweise erheblich zwischen  $r=-0.930$  (einziger Koeffizient  $> r=|0.90|!$ ) und  $r=-0.605$ .

Diese Resultate belegen die größere Eignung des QI gegenüber den SPP-Indices bei der linearen Vorhersage der Fischfrische für die Zeit der Eislagerung, wobei insbesondere die saisonale Stabilität (QI) bzw. Instabilität (SPP) der linearen Anpassungsleistung deutlich wird.

Die multiple lineare Regressionsrechnung untersucht, inwieweit die gute lineare Anpassung des QI an die fortschreitende Lagerungszeit durch eine multivariate Kombination des QI mittels weiterer Parameter optimiert werden kann. Neben den SPP-Indices kommen hierfür auch die physiko-chemischen Parameter in Betracht. (Die lagerungszeitlichen Verlaufskurven sowie die deskriptiven Kennwerte dieser Variablen werden unter Punkt 4.5 im Einzelnen vorgestellt.) Einen ersten Eindruck der Relationen der physiko-chemischen Größen zur Lagerungszeit sowie zu den wichtigsten Indices der sensorischen Messungen ermöglicht Tabelle 26.



Tab. 26: Pearson-Korrelationen zwischen den physiko-chemischen Parametern einerseits und den sensorischen Parametern sowie dem Lagerungszeitverlauf andererseits

Variablen	Statistik	Lage- rungszeit	QI modifiz.	QI original	Sensorik total
Fischtesterwert Schlachttag	Korrelation	-,028	-0,118*	-,082	-,112
	Signifikanz	,578	,030	,130	,126
	N	400	340	340	188
Fischtesterwert Lagerungstag	Korrelation	-0,736***	-0,639***	-0,646***	0,457***
	Signifikanz	,000	,000	,000	,000
	N	400	340	340	188
pH-Wert pro Untersuchungstag	Korrelation	0,517***	0,179**	0,241***	-0,399***
	Signifikanz	,000	,002	,000	,000
	N	360	300	300	188
Kochwasserverlust pro Filet (g)	Korrelation	,084	0,135*	,085	0,244***
	Signifikanz	,111	,019	,143	,001
	N	360	300	300	188
Kochwasserverlust in Prozent	Korrelation	0,131*	,028	,008	,075
	Signifikanz	,013	,625	,886	,303
	N	360	300	300	188

\* signifikant ( $p \leq 0.05$ )

\*\* sehr signifikant ( $p \leq 0.01$ )

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ )

Die stärksten Beziehungen existierten zwischen dem Fischtesterscore am Lagerungstag einerseits und den sensorischen Dimensionen sowie der Lagerungszeit andererseits. Der pH-Wert wies ebenfalls substantielle Zusammenhänge mit der gesamten Sensorik und der Eislagerungszeit auf.

Ausgeprägte Einzelkorrelationen von  $r \geq 0.50$  existierten zwischen dem Fischtester-Wert am Lagerungstag und dem QI sowie mit der Lagerungszeit. Hohe Korrelationen bestanden ebenfalls zwischen dem pH-Wert und der Lagerungszeit. Der Fischtesterscore am Schlachttag sowie der Kochwasserverlust waren lediglich durch jeweils eine einzige, mäßig signifikante Relation gekennzeichnet.

Bei der multiplen Regressionsrechnung wird speziell das Item 'Geschmack frisch' aus der Geschmacks-Dimension der SPP berücksichtigt aufgrund seiner besonderen Relevanz als Kriterium der Haltbarkeit bzw. der Grenze der Verkehrsfähigkeit.

Abb. 19: Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Lagerungsverlauf

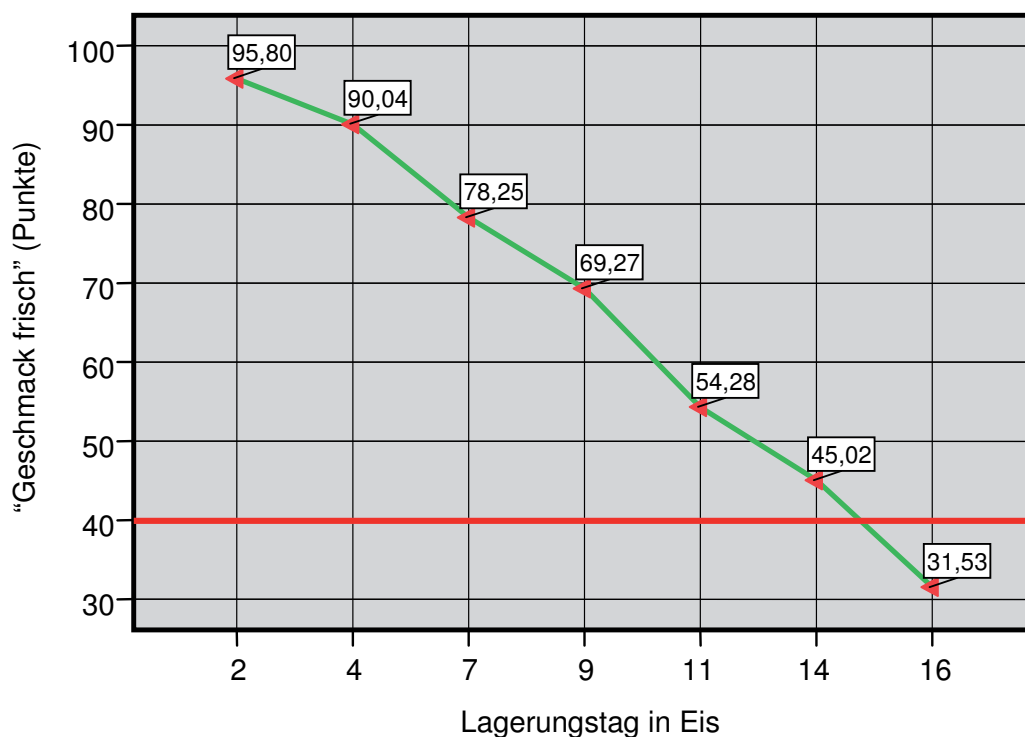


Abb. 19 veranschaulicht den lagerungszeitlichen Verlauf der Beurteilung der Geschmacksnote „frisch“ mit den Tagesmittelwerten sowie eine Bezugslinie für die Haltbarkeitsgrenze. Die Werte dieses Items zeigen einen klaren linearen Verlauf und belegen somit eine entsprechend hohe Korrelation mit der Lagerungszeit (vgl. Tab. 27).

Tab. 27: Pearson-Korrelationen zwischen Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und den sensorischen sowie physiko-chemischen Parametern

Parameter	Statistik	Geschmack frisch
Lagerungstag	Korrelation	-,917***
	Signifikanz	,000
	N	188
QI modifiziert	Korrelation	-,906***
	Signifikanz	,000
	N	188
QI original	Korrelation	-,904***
	Signifikanz	,000
	N	188
Sensorik total	Korrelation	,935***
	Signifikanz	,000
	N	188
Fishtester-Wert Schlachttag	Korrelation	-,080
	Signifikanz	,274
	N	188
Fishtester-Wert Lagerungstag	Korrelation	,502***
	Signifikanz	,000
	N	188
pH-Wert pro Untersuchungstag	Korrelation	-,377***
	Signifikanz	,000
	N	188
Kochwasserverlust pro Filet (g)	Korrelation	,194**
	Signifikanz	,008
	N	188
Kochwasserverlust pro Filet (%)	Korrelation	,124
	Signifikanz	,090
	N	188

\*\* sehr signifikant ( $p \leq ,01$ )

\*\*\*hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Im Vergleich zu den SPP-Subdimensionen korrelierte das Item „Geschmack frisch“ höher als die SPP-Subdimensionen mit dem SPP-Total-Index und repräsentiert von daher die inhaltliche Substanz dieses Messinstruments ausgezeichnet, d. h. deutlicher als die Indices für Textur, Geruch und Geschmack (vgl. Tab. 23 und 25). Überraschend hoch für ein singuläres Item stellten sich auch die Zusammenhänge mit dem QI dar. Unter den physiko-chemischen Parametern kovarierte der „Geschmack frisch“ in erster Linie mit dem Fishtester-Wert am Lagerungstag.

Es wurde eine Serie multipler Regressionen auf den gemessenen zeitlichen Lagerungsverlauf gerechnet, wobei der QI stets in modifizierter bzw. originaler Version als prognostisches Mittel agierte. Dabei wurde (a) die Gesamtheit der Variablen (SPP-Total-Index, SPP-Indices der Subdimensionen, SPP-Item 'Geschmack frisch' und physikochemische Parameter) simultan eingesetzt - (b) fungierten diese Variablen in allen möglichen Kombinationen und (c) die Variablen wurden auch einzeln als zusätzliches prognostisches Mittel zum QI zur Vorhersage des gemessenen zeitlichen Lagerungsverlaufs angewendet. Die Tabellen 28 bis 31 stellen die Ergebnisse der beiden besten Regressionsmodelle aus der Gesamtserie dar.

**Tab. 28:** Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von  $QI_{\text{modifiziert}}$  und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf

R	R-Quadrat	Signifikanz
,995	,989	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

**Tab. 29:** Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von  $QI_{\text{modifiziert}}$  und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf

Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	5,245	,247			
QI modifiziert	1,351	,011	,869	119,643	,000***
Fishtester-Wert am Lagerungstag	-,068	,003	-,181	-24,883	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Tab. 30: Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von  $QI_{\text{modifiziert}}$ , Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und Fischtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf

R	R-Quadrat	Signifikanz
,999	,998	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p < ,001$ )

Tab.31 : Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von  $QI_{\text{modifiziert}}$ , Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und Fischtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf

Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	12,811	,246			
$QI_{\text{modifiziert}}$	,998	,012	,642	81,304	,000***
Geschmack frisch	-,064	,002	-,230	-32,746	,000***
Fischtester-Wert am Lagerungstag	,079	,001	-,210	-54,372	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Ein gutes Resultat mit einem multiplen Korrelationskoeffizienten von  $R=0.995$  bot das Modell unter der prognostischen Hinzunahme von  $QI_{\text{modifiziert}}$  und Fischtesterscore. (Das entsprechende Modell mit dem  $QI_{\text{original}}$  ergab  $R=0.994$ , was als gleichwertig zu betrachten ist).

Erwartungsgemäß erhielt der  $QI$  in diesem Modell das mit Abstand höhere Beta-Gewicht (=standardisiertes Regressionsgewicht) von  $\beta=0.869$ , welches das dominante Vorhersagevermögen dieser Variable belegte. Insgesamt wurde also jene Vorhersagegüte, die durch den  $QI_{\text{modifiziert}}$  allein erzielt wurde ( $r=0.985$ ; vgl. Tab. 24), bereits durch die Hinzunahme des Fischtester-Parameters deutlich verbessert.

Eine zusätzliche Verbesserung erfolgte durch das SPP-Item 'Geschmack frisch', durch dessen Hinzunahme der multiple Korrelationskoeffizient auf  $R=0.999$  anstieg (vgl. Tab. 30). Der  $QI_{\text{modifiziert}}$  stellte mit  $\beta=0.642$  wiederum das deutlich überlegene standardisierte Regressionsgewicht dar. An zweiter Stelle stand etwa gleichauf das Item „Geschmack frisch“ ( $\beta=-0.230$ ), und an dritter Position folgte der Fischtesterscore ( $\beta=-0.210$ ).

Durch dieses Verfahren ließ sich die lineare Anpassung des QI an den Verlauf der Lagerungszeit auf Eis durch die prognostische Hinzunahme des SPP-Items 'Geschmack frisch' und des Fischtaster-Werts am Lagerungstag optimieren.

Um eine möglichst effektive Kombination der verschiedenen Messinstrumente bzw. Indices zur Frischebeurteilung zu ermitteln, wurde eine multiple Regression der physiko-chemischen Parameter auf den QI und den SPP-Total-Index durchgeführt.

Die Tabellen 32 bis 35 zeigen das Regressionsergebnis der aus dem QI und SPP-Total-Index zusammengesetzten Frischescore, hier genannt „Fischfrische“; ebenso ist das Resultat der Regression dargestellt, welches allein auf dem QI beruht.

QI<sub>modifiziert</sub> und QI<sub>original</sub> führten zu gleichen Ergebnissen.

Tab. 32: Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf die Fischfrische (QI+SPP)

R	R-Quadrat	Signifikanz
,633	,401	,000***

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

**Tab. 33:** Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf die Fischfrische (QI+SPP)

Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	14,810	2,775			
Fischtester-Wert Schlachttag	,013	,008	,088	1,566	,119
Fischtester-Wert Lagerungstag	-,031	,003	-,659	-11,563	,000***
pH-Wert pro Untersuchungstag	-2,229	,418	-,363	-5,337	,000***
Kochwasserverlust pro Filet (g)	,068	,026	,191	2,629	,009**
Kochwasserverlust pro Filet (%)	,021	,022	,057	,920	,358

\*\* sehr signifikant ( $p \leq ,01$ )

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

**Tab. 34:** Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf den QI<sub>modifiziert</sub>

R	R-Quadrat	Signifikanz
,661	,437	,000***

**Tab. 35:** Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf den QI<sub>modifiziert</sub>

Variablen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	45,218	14,075			
Fischtester-Wert Schlachttag	,011	,041	,015	,272	,786
Fischtester-Wert Lagerungstag	-,172	,013	-,708	-12,820	,000***
pH-Wert pro Untersuchungstag	-4,424	2,119	-,138	-2,087	,038*
Kochwasserverlust pro Filet (g)	,145	,130	,078	1,113	,267
Kochwasserverlust pro Filet (%)	,032	,114	,017	,281	,779

\* signifikant ( $p \leq ,05$ )

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Die Befunde der multiplen Regressionsanalysen korrespondieren mit den Ergebnissen der bivariaten Korrelationsanalysen aus Tabelle 26.

Der Fischtesterscore am Lagerungstag, der pH-Wert pro Untersuchungstag und der Kochwasserverlust pro Filet wiesen die stärksten Assoziationen mit der sensorischen Frischebeurteilung auf, wobei der Kochwasserverlust seine Signifikanz verlor, wenn es allein darum ging, eine Vorhersage des QI zu treffen. Als stärkste Vorhersagevariable erwies sich hier wiederum der Fischtester-Wert am Lagerungstag mit den markant höchsten Regressionsgewichten ( $\beta=-0.659$  bzw.  $\beta=-0.708$ ).

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung stellen sich Fischtester- als auch pH-Wert als jene Parameter heraus, die sowohl einzeln als auch in Kombination miteinander – im Vergleich zu den übrigen physiko-chemischen Größen – substantielle Varianzanteile der Indices der sensorischen Frischebeurteilung aufweisen. Diese substantiellen statistischen Überschneidungen passen inhaltlich zu den sensorischen Frischeindices. Dabei waren die gemeinsamen Varianzanteile mit dem  $QI_{\text{modifiziert}}$  größer als jene mit dem konzertierten Index aus  $QI_{\text{modifiziert}}$  und SPP-Total, wie auch die höhere multiple Korrelation bei der zweiten Regression belegt.

#### **4.5 Physiko-chemische Eigenschaften der eisgelagerten Fische**

Nachstehend sind die deskriptiv-statistischen Kennwerte sowie die lagerungszeitlichen Verlaufskurven der physiko-chemischen Parameter aufgelistet.

##### **4.5.1 Fischtester-Wert**

Tabelle 36 enthält die wesentlichen deskriptiven Statistiken der Fischtesterscores über die gesamte Lagerungsdauer. Abbildung 20 stellt den entsprechenden Verlauf der Fischtester-Werte über die gesamte Lagerungsperiode auf Eis einschließlich der Vertrauensintervalle für die einzelnen Tage dar.



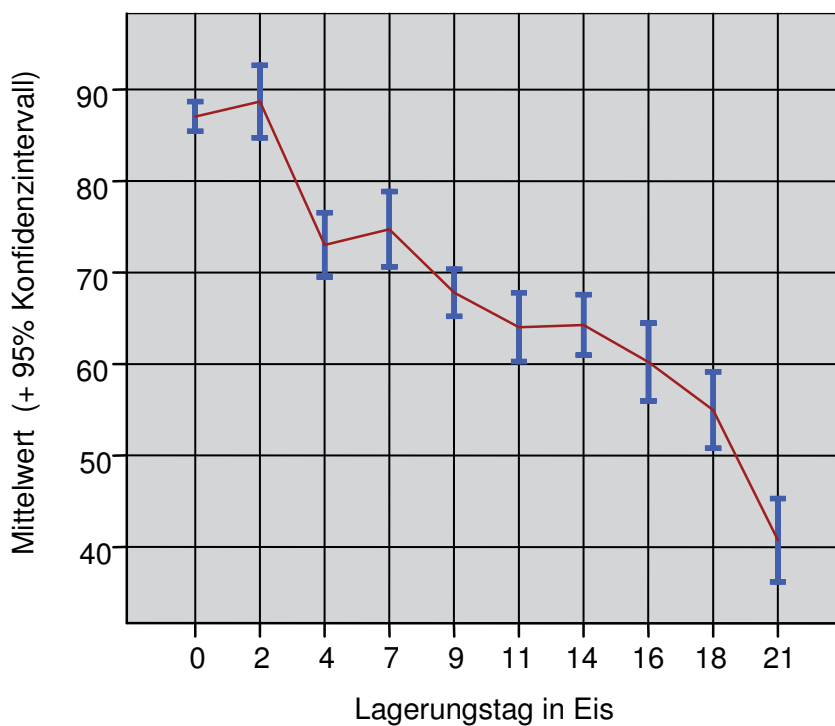
Tab. 36: Deskriptive Statistiken der Fischtester-Werte im Verlauf der Lagerungszeit

Tag	Mittelwert	Standard- abweichung	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
0	87,050	5,069	83,471	90,629
2	88,675	12,384	85,096	92,254
4	73,000	10,992	69,421	76,579
7	74,725	12,834	71,146	78,304
9	67,775	8,094	64,196	71,354
11	64,025	11,779	60,446	67,604
14	64,275	10,345	60,696	67,854
16	60,200	13,284	56,621	63,779
18	54,950	13,054	51,371	58,529
21	40,725	14,236	37,146	44,304

pro Tag: n = 40

Die arithmetischen Mittelwerte der Fischtester-Werte an den einzelnen Tagen verliefen während der fortschreitenden Lagerungszeit deszendierend. Die zeitübergreifenden Gesamtmittelwerte betragen für den Fischtester-Wert  $M=67.540$  ( $s=17.786$ ).

Abb. 20: Fischtester-Werte im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten)



#### 4.5.2 pH-Wert

Tabelle 37 zeigt die deskriptive Zusammenstellung der pH-Werte über die gesamte Lagerungsperiode.

Tab. 37: Deskriptive Statistiken der pH-Werte im Verlauf der Lagerungstage

Abhängige Variable: pH-Wert p. Untersuchungstag

Tag	Mittelwert	Standard- abweichung	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
2	6,458	,068	6,423	6,492
4	6,508	,080	6,473	6,542
7	6,550	,106	6,515	6,585
9	6,560	,097	6,525	6,595
11	6,590	,122	6,555	6,625
14	6,538	,115	6,503	6,572
16	6,588	,112	6,553	6,622
18	6,658	,158	6,623	6,692
21	6,735	,118	6,700	6,770

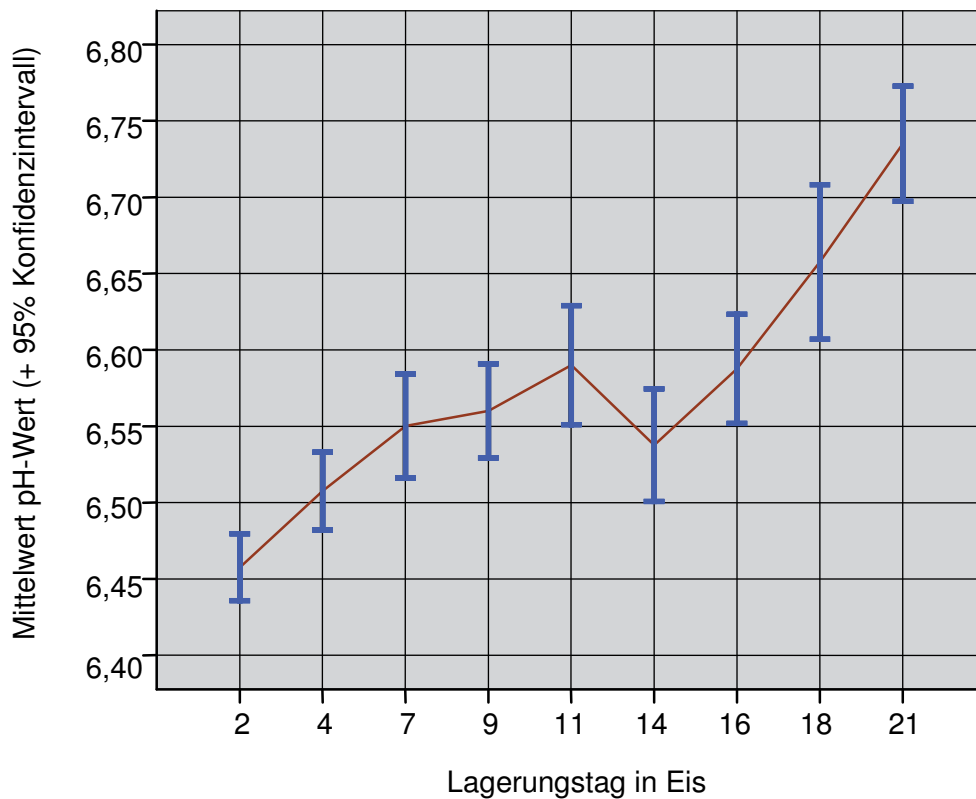
pro Tag: n = 40

Bis zum 11. Lagerungstag stiegen die Mittelwerte zunächst moderat an, um hernach in stärkerem Maße zuzunehmen. Die Größe der Messwertstreuungen (Standardabweichungen) unterlag über die Gesamtzeit hinweg gewissen Schwankungen bei einer im Durchschnitt leicht zunehmenden Tendenz.

Der Totalmittelwert lag über die gesamte Messperiode bei  $M=6.576$  ( $s=0.134$ ).

Abbildung 21 zeigt den Verlauf und die Variation des pH-Werts über die gesamte Lagerungsdauer.

Abb. 21: pH-Wert im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten)



### 4.5.3 Kochwasserverlust

Tabelle 38 gibt die deskriptiven Statistiken des Kochwasserverlusts pro Filet in Gramm und auch in Prozent wieder für sämtliche Lagerungstage. Ergänzend veranschaulicht Abbildung 22 den zeitlichen Gesamtverlauf.

Der Totalmittelwert über die gesamte Zeitperiode betrug für den Grammverlust  $M=8.376$  g ( $s=2.329$ ) und für den Prozentverlust  $M=11.448$  % ( $s=2.280$ ).

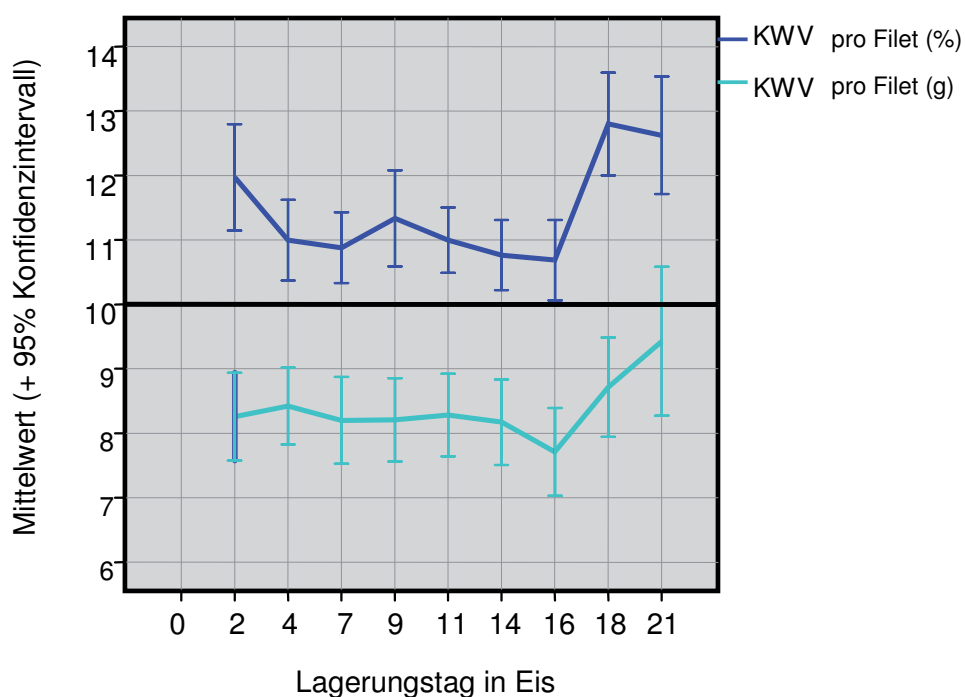
Vom 16. bis zum 18. Tag sowie bei dem Grammverlust auch vom 18. zum 21. Lagerungstag stiegen die Werte erheblich an.

Tab. 38: Deskriptive Statistiken des Kochwasserverlusts im Verlauf der Lagerungstage

Kochwasserverlust ...	Tag	Mittelwert	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
pro Filet in g	2	8,257	2,124	7,538	8,976
	4	8,421	1,861	7,702	9,140
	7	8,199	2,100	7,480	8,918
	9	8,208	2,018	7,489	8,927
	11	8,280	2,001	7,561	8,999
	14	8,170	2,072	7,451	8,889
	16	7,709	2,128	6,990	8,428
	18	8,712	2,411	7,993	9,431
	21	9,426	3,609	8,707	10,145
pro Filet in %	2	11,970	2,582	11,294	12,645
	4	10,995	1,961	10,320	11,670
	7	10,877	1,714	10,202	11,553
	9	11,332	2,328	10,657	12,007
	11	10,994	1,592	10,318	11,669
	14	10,762	1,699	10,087	11,438
	16	10,685	1,949	10,009	11,360
	18	12,796	2,497	12,121	13,472
	21	12,620	2,852	11,945	13,295

pro Tag: n = 40

Abb. 22: Kochwasserverlust im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten)

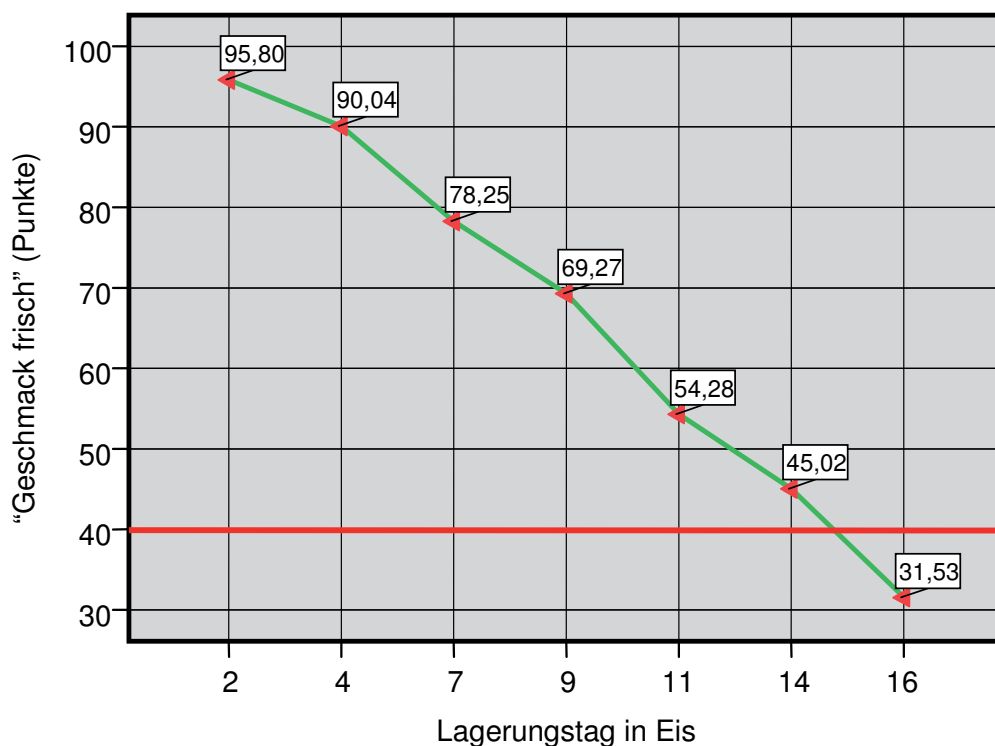


#### 4.6 Vergleich der Haltbarkeit der Fische

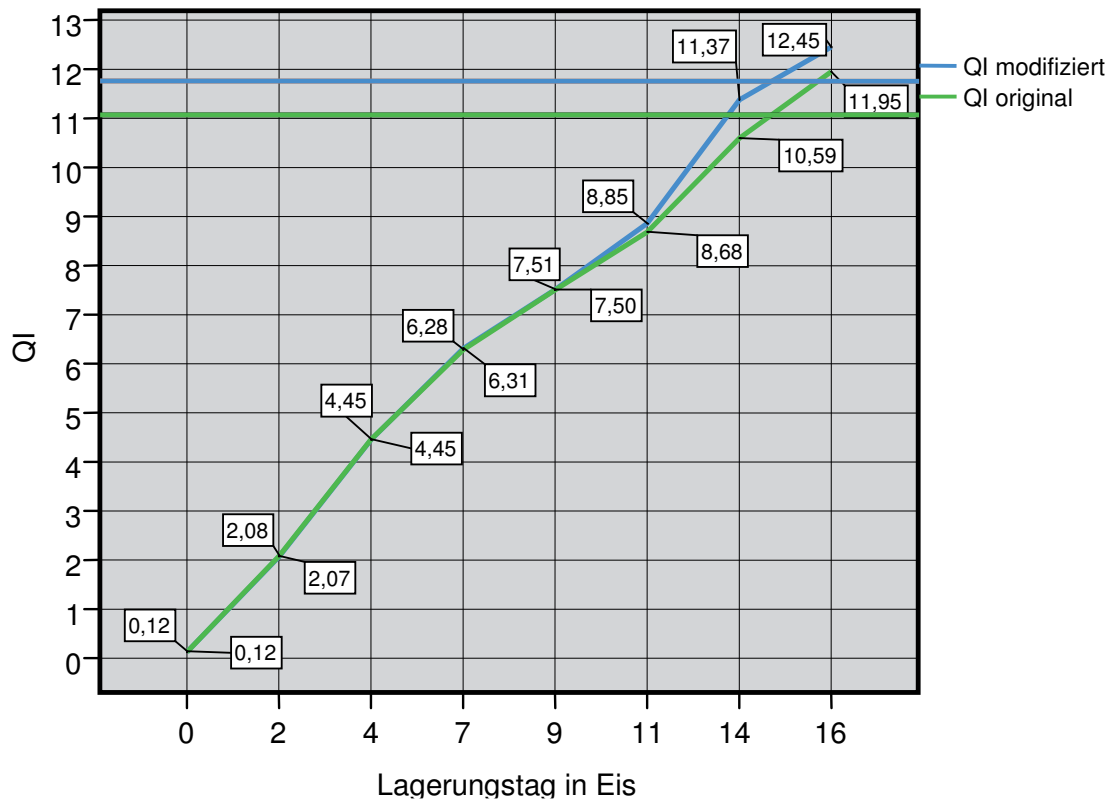
Die Grenze der Verkehrsfähigkeit bzw. der Haltbarkeit der Fische, bemessen nach dem Kriteriumswert 'Geschmack frisch' (SPP) < 40, wurde innerhalb der Gesamtstichprobe der Fische am 16. Lagerungstag auf Eis überschritten, wobei zu vermuten steht, dass die Haltbarkeit bereits am Vortage – der jedoch kein Messtag war – nicht mehr gegeben war (vgl. Abb. 23).

Dieser Kriteriumswert entspricht beim  $QI_{\text{original}}$  innerhalb der vorliegenden Totalstichprobe der Fische einem Wert von 11.04 und beim  $QI_{\text{modifiziert}}$  einem Wert von 11.73 (vgl. Abb. 24).

**Abb. 23:** Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten)



Bezugslinie rot = Grenze der Verkehrsfähigkeit

Abb. 24: Qualitätsindex-Verlauf des  $QI_{\text{modifiziert}}$  und  $QI_{\text{original}}$  über die Lagerungsperiode

Bezugslinie blau/grün = Grenze der Verkehrsfähigkeit

#### 4.6.1 Einfluss der Saison

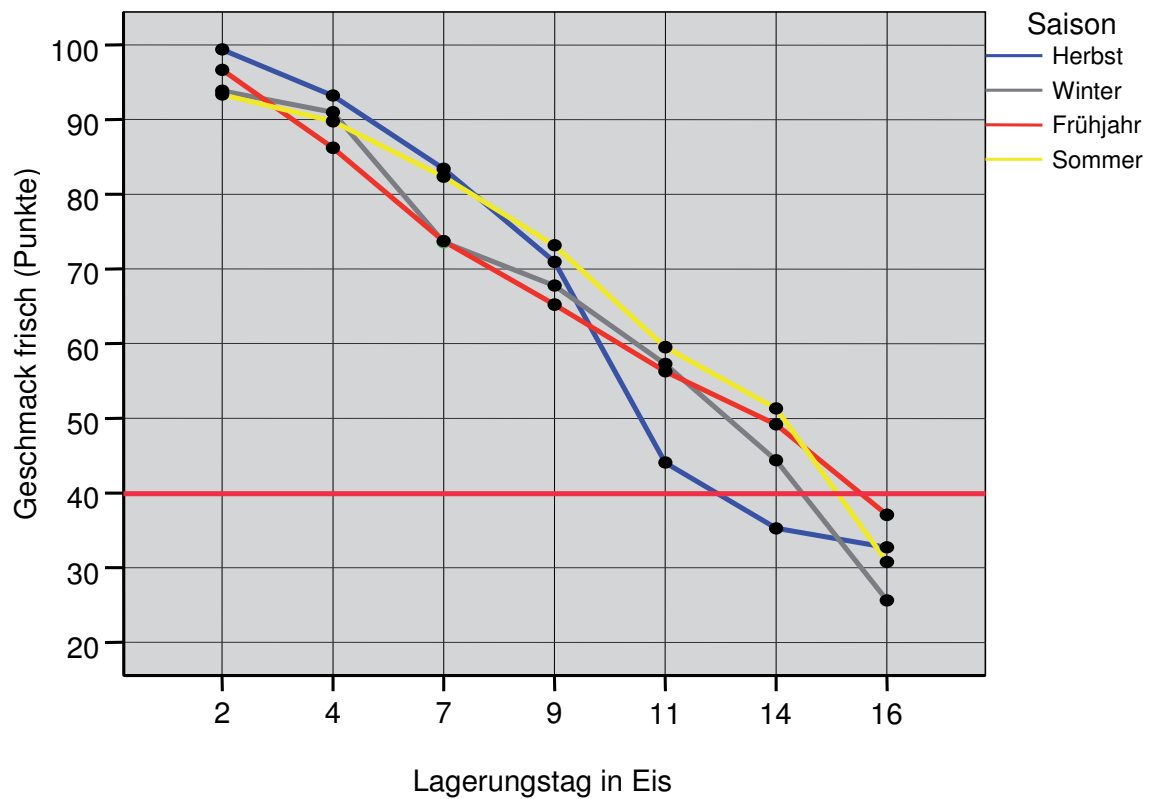
Tabelle 39 enthält die mittleren Verfallstage der Verkehrsfähigkeit bzw. die Haltbarkeit der Fische für die einzelnen Jahreszeiten (vgl. Abb. 25). Während das Ende der Verkehrsfähigkeit im Herbst bereits mit dem 14. Lagerungstag eintrat, so war dieses zu den übrigen Jahreszeiten erst am Tag 16 der Fall.

Tab. 39: Mittlerer Verfallstag der Verkehrsfähigkeit zu den einzelnen Jahreszeiten

(Abhängige Variable: Verfallstag)

Saison	Mittlerer Verfallstag
Herbst	14
Winter	16
Frühjahr	16
Sommer	16
Gesamt	15,50

Abb. 25: Saisonale Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Verlauf der Lagerungsperiode



Bezugslinie rot: Grenze der Verkehrsfähigkeit

Um auf breiterer Grundlage zu testen, ob und inwieweit der Saisonfaktor einen signifikanten Einfluss auf die Verkehrsfähigkeit ausübte, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Saison und Lagerungstag vorgenommen. Als abhängige Variable fungierte hierbei der Prozentsatz jener Fische mit Haltbarkeitsverfall bzw. der Prozentsatz der nicht mehr verkehrsfähigen Fische.

Tab. 40: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Saison und Lagerungstag sowie der abhängigen Variable „Prozentsatz nicht verkehrsfähiger Fische“

(Abhängige Variable: Verfallstag)

Faktor / Interaktion	F	df	Signifikanz
Saison	1,708	3	,168
Lagerungstag	42,127	6	,000***
Saison * Lagerungstag	1,433	18	,123

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq ,001$ )

Aus der Varianzanalyse geht hervor (Tab. 40), dass die Jahreszeit keinen signifikanten Einfluss auf die Haltbarkeitsgrenze nahm. Die relevanten saisonalen Prozentanteile der nicht mehr haltbaren Fische zeigt Tabelle 41.

Tab. 41: Deskriptive Statistiken des Prozentsatzes nicht verkehrsfähiger Fische bei den Jahreszeiten

(Abhängige Variable: Verfallstag)

Saison	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
Herbst (n=52)	22,70%	3,411	15,969	29,440
Winter (n=43)	19,05%	3,759	11,623	26,472
Frühjahr (n=47)	15,73%	3,639	8,545	22,917
Sommer (n=46)	11,91%	3,620	4,756	19,054

Geringere deskriptive jahreszeitliche Unterschiede existierten durchaus, jedoch hielten diese dem Signifikanztest nicht stand.

Auf der Ebene der multiplen Einzelgruppenvergleiche wies der LSD-Test eine deutliche Prozentdifferenz zwischen Sommer (11.9 %) und Herbst (22.7%) aus ( $p \leq 0.05$ ).

Der Bonferroni-Test kam dagegen zu keinem signifikanten Ergebnis.

Da im Verlauf der Lagerungsdauer die Anzahl der verdorbenen Fische zwangsläufig zunimmt, ist es nachvollziehbar, dass der Haupteffekt innerhalb der Varianzanalyse hoch signifikant war (vgl. Tab. 40).



#### 4.6.2 Einfluss des Fischgewichts

Der folgenden Korrelationstabelle (Tab. 42) ist zu entnehmen, dass kein statistisch substantieller Einfluss auf die Haltbarkeit vom Fischgewicht – auch als Kovarianz – ausging.

Tab. 42: Pearson-Korrelationen zwischen Fischgewicht und dem Anteil nicht verkehrsfähiger Fische

Parameter	Statistik	Verkehrsfähigkeit (% nicht verkehrsfähiger Fische)
Gewicht Schlachttag	Korrelation	<i>-,108</i>
	Signifikanz	<i>,140</i>
Gewicht Lagerungstag	Korrelation	<i>-,096</i>
	Signifikanz	<i>,192</i>

N = 188

## 5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zur saisonalen Abhängigkeit der Haltbarkeit von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) während der Eislagerung mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM) und Sensorischer Profilprüfung (SPP) ergaben, dass die vier Jahreszeiten keinen determinierenden Einfluss auf die Haltbarkeit der Fische genommen haben.

Die gewonnenen Messwerte des ergänzend eingesetzten Fischtesters erwiesen sich als geeignet, um zur Qualitätseinschätzung des Frischegrades der Forellen mit herangezogen zu werden.

Desgleichen stellte sich die Merkmalausprägung „Geschmack frisch“ aus der SPP als ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung der Frische heraus.

### 5.1 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit basiert auf Untersuchungen von Regenbogenforellen aus einer kommerziell geführten Fischzuchtanlage. Zur Gewährleistung gleicher Rahmenbedingungen wurden für alle vier durchgeführten Versuche Fische nahezu gleichen Alters und Gewichts aus derselben Fischzuchtanlage gewählt. Auf eine Bestimmung des Geschlechts ist hierbei verzichtet worden, um diesbezüglich jene Verhältnisse zu schaffen, die der Verbraucher beim Kauf vorfindet.

Die in der Forellenzuchtanlage vorherrschenden Konditionen, wie Teichwasserqualität, Besatzdichte, eingesetzte Futtermittel, Gesundheitszustand sowie die Dauer der Ausnüchterung der Fische, waren als feste Größe vorgegeben und insofern auch nicht beeinflussbar.

Bei der Durchführung sämtlicher Versuche blieben die Aufzucht- und Lagerungsbedingungen unverändert, um durchgängig konstante Konditionen sicherzustellen.

In der Zeitspanne eines Jahres wurden pro Versuch und Jahreszeit jeweils 80 Forellen mittels QIM und SPP auf ihre Frische untersucht.

Da der Fokus dieser Arbeit in der Evaluierung jahreszeitlicher Unterschiede in der Haltbarkeit von eisgelagerten Forellen lag, sind die Fische mit dieser Zielsetzung in regelmäßigen Abständen sensorisch bewertet worden. Je nach Verfügbarkeit führten jeweils sechs bis neun Sachverständige (Institutsangehörige des Max Rubner-Instituts) die einzelnen sensorischen Prüfungen durch. Die Prüfer verfügten über ein fundiertes Fachwissen sowie über Erfahrung im Bereich sensorischer Prüfungen und entsprachen somit den in der Norm DIN 10961 aufgelisteten Anforderungen.

Die Versuchsreihe wurde an einer für statistische Berechnungen ausreichenden Menge von Forellen durchgeführt (jeweils 80 Exemplare pro Durchgang). Aufgrund der vorgegebenen Versuchskonzeption, die auf ein Jahr begrenzt war, ist nicht auszuschließen, dass u. U. mittel- und langfristig bedingte klimatische Effekte unberücksichtigt blieben.

Da die Frische von Fisch für den Verbraucher ein wesentliches Kriterium für den Verzehr darstellt, ist es für die Fischindustrie sowie für den Gesetzgeber unerlässlich, die angewendeten Methoden zur Haltbarkeit von Frischfisch permanent zu verifizieren und zu optimieren. Vor diesem Hintergrund verdient nach PRIEBE (1984) sowie HOOTMAN (1992) die sensorische Bewertung für die Bestimmung der Fischfrische besondere Beachtung.

Unter diesem Aspekt wurden in der vorliegenden Arbeit statistische Berechnungen durchgeführt, um festzustellen, in welcher Weise die einzelnen Parameter der sensorischen Frischebestimmung mittels QIM und SPP zueinander korrelieren.

Obschon sich diese sensorischen Verfahren als praktikabel erwiesen haben, untersucht diese Arbeit auch, ob die Ergebnisse der QIM und der SPP durch Hinzunahme physikochemischer Parameter, wie Fischtester-Wert, pH-Wert und Kochwasserverlust, die sensorischen Prüfverfahren noch optimieren können bzw. ob diese Parameter geeignet sind, die Beurteilung der Genusstauglichkeit mittels QIM und SPP abzusichern.

## **5.2 Ergebnisse**

Ein Vergleich der in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse mit entsprechenden Publikationen ist nur bedingt möglich, weil den relevanten Literaturdaten – im Gegensatz zu dieser Studie - primär jahreszeitunabhängige Messungen zugrunde liegen, und somit dieser Faktor – obwohl möglicherweise wirksam – unberücksichtigt blieb.

Im Folgenden werden die einzelnen Teilergebnisse der vorliegenden Untersuchung zusammengefasst und unter besonderer Berücksichtigung der Aufgabenstellung - Saisonabhängigkeit der Fischfrische - diskutiert.

### **5.2.1 Frischegradbestimmung mittels Qualitäts-Index-Methode (QIM)**

In Europa gilt derzeit das sensorische Qualitätsklassifizierungsschema der EU, Verordnung (EG) Nr. 2406/96, das jedoch den gestiegenen Anforderungen an die exakte Beurteilung einer einwandfreien Fischqualität heute nicht mehr genügt.

Eines der bei diesem EU-Bewertungsschema auftretenden Probleme liegt darin, dass sowohl Salzwasserfische als auch Süßwasserfische anhand desselben Prüfschemas

untersucht werden. Die Unterschiede in der Qualität von Frischfisch sind aber so gravierend, dass nicht nur Süß- und Salzwasserrische nach verschiedenen Kriterien untersucht werden müssten, sondern dass auch für jede Fischart ein eigenes Schema zu erstellen wäre.

Die Tasmanian Food Research Unit, Australien, entwickelte ein Qualitätsbewertungsschema, das als Vorläufer der Qualitäts-Index-Methode gelten kann und auf wissenschaftlicher Basis kontinuierlich für bestimmte Fischarten weiter entwickelt wurde (BREMNER, 1985).

Mit der Qualitäts-Index-Methode steht heute eine schnelle und verlässliche Methode zur Verfügung, um die Fischfrische unter praxisnahen Bedingungen, wie auf Auktionen oder in fischverarbeitenden Betrieben, zu bestimmen.

Die Qualitäts-Index-Methode ist ein speziell für jede Fischart entwickeltes Verfahren zur Bestimmung der Frische von Fisch, das von einer linearen Interdependenz zwischen Frischegrad und Lagerungszeit ausgeht. Die Entwicklung der QI-Methode basiert auf empirischen Daten, anhand derer die im Rahmen der QIM erlangten Ergebnisse verifiziert werden können.

Da ihre Anwendung unkompliziert ist, wird in Erwägung gezogen, das derzeit bestehende EU-Qualitätsklassifizierungsschema zur Beurteilung der Fischfrische durch QIM zu ersetzen.

### 5.2.2 Prüfschemata

Die Fortentwicklung diverser Prüfungsschemata für die Fischqualität wurde in der Vergangenheit wiederholt wissenschaftlich diskutiert.

Im Vergleich zu derzeit gängigen Verfahren benutzte KIM (1984) bei seinen Untersuchungen einen eher moderaten Prüfungsmodus: Nach dem Schlachten wurden die Fischproben bei ca. 4 °C während zweier Tage gelagert, um anschließend in Alufolie im Ofen bei ca. 200 °C 30 Minuten lang gegart zu werden. Danach wurden die zwei folgenden Prüfmerkmale quantitativ bewertet: Kriterium „Geruch“ (max. 3 Punkte): schlecht (1) mittel (2), gut (3), Kriterium „Geschmack“ (maximal 5 Punkte): sehr schlecht (1), schlecht (2), mittel (3), gut (4), sehr gut (5).

Einige Autoren verifizierten ihre Systeme durch Hinzunahme der Bestimmungen von leicht flüchtigen Substanzen (GONCALVES et al., 2007; TRIQUI und BOUHRITI, 2003) bzw. durch mikrobiologische Untersuchungen (CHANG et al., 1998; NIELSEN und HYLDIG, 2004; GINGERICH et al., 1999; BAIXAS-NOGUERAS et al., 2002). Bei den bakteriologischen Untersuchungen wurde die mikrobielle Flora erfasst, die sich im Verlauf der Lagerung bildet und eine wesentliche Rolle beim Verderb der Fische spielt.

Zwar besteht eine Korrelation dieser Parameter zu der jeweiligen QIM, jedoch liegt der erforderliche Aufwand für die Anwendung dieser Methoden überproportional hoch. Zum einen erstrecken sich mikrobiologische Untersuchungen über mehrere Tage, zum anderen

erfordert die Bestimmung der flüchtigen Substanzen einen relativ großen apparativen Aufwand, der beispielsweise auf Auktionen oder Anlandeplätzen nicht problemlos erbracht werden kann.

Eine Komplettierung der QIM mit den o. g. Methoden ginge auch zu Lasten des Handlings und der Schnelligkeit der QIM. Von daher sollten diese Methoden die QIM nicht ergänzen; die Bestimmung der leicht flüchtigen Substanzen könnte dagegen die Prüfergebnisse durchaus flankierend absichern.

NIELSEN und HYLDIG (2004) konzipierten ein QI-Schema für Hering (*Clupea harengus* L.) und untersuchten dabei Fische unterschiedlicher geografischer Provenienzen zu verschiedenen Jahreszeiten. Während der Lagerung wurden deutliche Unterschiede in der Fischqualität evident, bedingt durch heterogene Lagerungsmethoden. Dabei zeigte sich, dass die Qualität der gefrorenen Fische im Vergleich zu den in Behältern gelagerten Heringen besser ausfiel. Die letztgenannten entwickelten früher einen fischspezifisch unangenehmen Geruch. Die Kiemen verfärbten sich schneller, und die Haut trübte sich rascher ein. Bei der Eislagerung zeigte sich dagegen mehr Blut auf den Kiemendeckeln der Fische.

Laichbereite Heringe mit hohem Fettgehalt wiesen eine bessere Qualität auf als die kleineren, unreifen Heringe mit niedrigerem Fettgehalt. Der höhere Fettgehalt korrelierte mit den geringeren Werten aller von NIELSEN und HYLDIG (2004) angewendeten Kriterien mit Ausnahme des Parameters „Blut auf den Kiemen“. Dieses Merkmal erwies sich als das einzige, welches von biologischen bzw. chemischen Parametern unabhängig war.

### 5.2.3 Vergleich zwischen den Qualitätsindices $QI_{\text{original}}$ und $QI_{\text{modifiziert}}$

Das in der vorliegenden Arbeit angewendete QI-Schema für Forellen wurde um das Merkmal „kein Schleim vorhanden“ erweitert. Somit wurden die Untersuchungen an zwei QI-Schemata -  $QI_{\text{original}}$  und  $QI_{\text{modifiziert}}$  - durchgeführt. Die Notwendigkeit hierzu ergab sich aufgrund des Befunds von Vorversuchen bei einigen Fischproben, bei denen nach wenigen Tagen der Eislagerung kein Schleim auf der Fischhaut mehr vorzufinden war. Aufgrund dessen erhöhte sich bei dem  $QI_{\text{modifiziert}}$  der Qualitätsindex-Score um zwei Punkte.

Bei Betrachtung beider QIM-Versionen traten saisonale Differenzen bei den Frischeindices auf, jedoch fielen diese so minimal aus, dass sie für die Gesamtbeurteilung unerheblich sind. Da aufgrund der gesetzten Vorgaben die Bewertungen durch die Prüfer in ganzen Zahlen erfolgen mussten, entsprachen die erzielten Ergebnisse der statistischen Erhebungen (Zahlen mit Stellen hinter dem Komma) eher einem theoretischen Konstrukt.

Bei einem Vergleich zwischen  $QIM_{\text{modifiziert}}$  und  $QIM_{\text{original}}$  erwiesen sich die „Winterfische“ nach  $QIM_{\text{modifiziert}}$  geprüft als die frischesten. Nach  $QI_{\text{original}}$  waren dagegen die „Sommerfische“ die frischesten Tiere.

Ungeachtet der QI-Methode waren es die „Frühjahrs-“ und „Herbstfische“, welche jeweils die ungünstigsten Frischebewertungen erhielten.

Das Ende der Verkehrsfähigkeit lag bei beiden QI-Methoden zwischen dem 14. und 16. Eislagerungstag, bei ermittelten Werten von 11,04 ( $QI_{\text{original}}$ ) und 11,79 ( $QI_{\text{modifiziert}}$ ). Der 15. Tag zählte in der vorliegenden Arbeit nicht zu den Untersuchungstagen.

Hinsichtlich auftretender saisonaler Unterschiede ermittelten MARTINSDOTTIR et al. (2000) eine vergleichbare Haltbarkeit von Schellfisch in Eis von 13 Tagen im Monat Mai und 11 Tagen im Dezember. Für Kabeljau wurden in dieser Untersuchung 13 Tage im Mai und 14 Tage im Dezember konstatiert.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit verliefen während der Lagerungsperiode beide QIs bis zum Tag neun homogen bei numerischen Unterschieden in der zweiten Dezimalstelle. Ab Tag elf divergierten beide Kurven stärker bei leicht höheren Werten für  $QI_{\text{modifiziert}}$ . Diese minimalen Differenzen der absoluten Werte ergaben sich aufgrund des um zwei Punkte erhöhten Bewertungsschemas des  $QIM_{\text{modifiziert}}$ .

Insofern sind  $QI_{\text{modifiziert}}$  und  $QI_{\text{original}}$  nur bedingt miteinander vergleichbar. Rundet man diese Werte (auf ganze Zahlen), so verlaufen die Kurven weiter homogen, so dass nun keine Unterschiede zwischen  $QI_{\text{modifiziert}}$  und  $QI_{\text{original}}$  sichtbar werden.

Diese Untersuchungsergebnisse sowie die Einbeziehung der Physiologie der examinierten Forellen stützen die Entscheidung zugunsten der Anwendung des modifizierten QI-Schemas.

Abschließend ist festzuhalten, dass die hier aufgetretenen jahreszeitlichen Effekte nicht systematisch über die gesamte Lagerungsdauer auftraten, sondern nur sporadisch an einzelnen Tagen.

#### **5.2.4 Frischegradbestimmung mittels Sensorischer Profilprüfung (SPP)**

Dem Vergleich der Frischebestimmung von Forellen liegt die Sensorische Profilprüfung zugrunde, bei der Geruch, Geschmack, Textur und „Sensorik-total“ während der Lagerungsdauer an gegarten Fischproben (Kochprobe) untersucht und mittels PCA-Voranalysen (vgl. 4.1.1) getestet worden ist.

Dabei ergaben sich über die gesamte Lagerungszeit saisonale Unterschiede bei den Mittelwertniveaus der Frischegradbestimmung; jedoch traten diese Differenzen unregelmäßig und nur an wenigen Tagen deutlich auf.

Die statistischen Erhebungen der SPP belegten einen signifikanten Effekt des Faktors „Saison“ auf die Charakteristika „Textur“ und „Geschmack“ der SPP. Weder der SPP-Total-Index noch der „Geruch“ wiesen dagegen eine saisonale Sensitivität auf.

Je nach spezifischer SPP-Subdimension - Textur sowie Geschmack - gelangten die Prüfer zu konträren Bewertungen der jahreszeitlichen Frischerangordnung der Fische.

Bei dem Attribut „Textur“ wurden zwischen den Jahreszeiten erhebliche Unterschiede deutlich. Dabei erwiesen sich die „Frühjahrsfische“ wie auch die „Winterfische“ als die frischesten.

Die Geschmackswerte differierten ebenfalls stark. Hier erhielten die „Sommerfische“ mit Abstand die günstigsten Frischebewertungen, während die Bewertungen der Tiere aus den verbleibenden Jahreszeiten relativ dicht beieinander lagen mit einer eher geringeren Frischebewertung.

Prinzipiell verliefen die saisonalen Frishekurven für die vier SPP-Indices weniger homogen als die Kurven des QI. Innerhalb der Jahreszeiten ergaben sich im Vergleich zu QIM bei der SPP größere Streuungen, die weder auf eine lagerzeitabhängige Stabilität noch auf eine Generalisation der jahreszeitlichen Rangordnung der Fischfrische schließen lassen.

Auch auf der Ebene der Mittelwertsplit-Verteilungen der SPP-Indices wurde manifest, dass nicht nur jahreszeitliche Divergenzen sondern auch Unregelmäßigkeiten in der Frischebeurteilung der vier Subdimensionen innerhalb einer Saison (vgl. Abb. 14 bis 17) auftraten.

Diese ungleiche Bewertung lässt sich auf die durch verschiedene Faktoren verursachte Inhomogenität des Fischmaterials zurückführen, wie beispielsweise differente Fleischezusammensetzung (Gesamtfett, -eiweiß, Wasseranteil, etc.), biologische Parameter

(Gonadenansatz, Futtermittelverwertung), mikrobiologischer Status, Wasserbindungsvermögen und Fettsäuremuster des Fischfleisches.

Ferner ist nicht auszuschließen, dass die Prüfer – obwohl sie den Anforderungen für analytische Prüfungen gerecht wurden – ihre individuellen sensorischen Ausprägungen subjektiv in ihre Bewertungen mit einfließen ließen.

Insofern wäre es angezeigt, im Rahmen weiterführender Studien, die Ursachen für diese Unregelmäßigkeiten näher zu analysieren.

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand von Kochproben das Ende der Verkehrsfähigkeit der Forellen festgelegt, sobald der Parameter „Geschmack frisch“ den Grenzwert von 40 unterschritten hatte. Das diesbezügliche Limit sämtlicher Forellen zu allen Jahreszeiten wurde zwischen dem 14. und dem 16. Lagerungstag erreicht.

Ein Vergleich der hier erlangten Ergebnisse über die Haltbarkeit der Fische mit relevanten Publikationen ist nur bedingt möglich, da die publizierten Angaben über die Haltbarkeitsdaten von Forellen auf ungleicher Basis erstellt wurden. In der früheren Literatur (HANSEN, 1963) sind neun Tage als Haltbarkeitsgrenze für frische Forellen angegeben. SHEWAN und MURRAY (1979) sowie DAWOOD et al. (1986) ermittelten eine Haltbarkeit bei diesen Fischen von neun bis elf Tagen. Die Diskrepanzen lassen sich darauf zurückführen, dass zum Zeitpunkt der damaligen Untersuchungen den Haltungsbedingungen, den Schlachtumständen, den Lagerungsbedingungen – insbesondere einer perfekten Kühlkette - sowie dem Hygieneregime der Fische weniger Beachtung geschenkt wurde.

Gewisse Unterschiede bei der Haltbarkeit von Forellen ergaben sich auch durch den Lagerungsmodus, sei es, dass die Fische ausgenommen oder als Ganzfisch eisgelagert wurden. RODRIGUEZ et al. (1999) untersuchten die Haltbarkeitsunterschiede bei ausgenommenen und runden Forellen. Die ausgenommenen Fische verloren ihre Frischemerkmale ab dem sechsten Tag auf Eis und erlangten dabei eine Haltbarkeit von insgesamt zehn Tagen im Vergleich zu den runden Fischen, deren Haltbarkeit bei nur acht Tagen lag.

RANDELL et al. (1997) prüften die Genusstauglichkeit von filetierten Forellen - vakuumverpackt sowie unter Gasatmosphäre - und berichteten, dass die unter Vakuum aufbewahrten Forellenfilets eher verdarben als jene unter Gas.

SIPOS (2003) stellte bei Forellen eine Haltbarkeit von 10 Tagen bei runden Fischen bei Untersuchungen im Winter fest sowie eine Haltbarkeit von 13 Tagen bei ausgenommenen Fischen. Die „Herbstfische“ erreichten die Grenze der Verkehrsfähigkeit bereits am 9. bzw.



am 11. Tag. Diese Diskrepanz in der Haltbarkeit zwischen den „Winter-“ und den „Herbstfischen“ ließ sich jedoch aufgrund der unterschiedlichen Provenienzen dieser Fische nicht näher begründen.

Bei Versuchen mit geräucherten Forellenfilets variierte die Mindesthaltbarkeit beträchtlich. WISSAMTH (1983) konnte bei einer Lagerungstemperatur von 4°C eine Mindesthaltbarkeit von zehn Tagen ermitteln, bei FRIES et al. (1982) reichte die Grenze bei 5°C von sieben bis zehn Tagen, SCHULZE (1985) fand bei einer Temperatur von 4 °C bis 6 °C eine Mindesthaltbarkeit von 10-12 Tagen und ZORN (1992) eine Mindesthaltbarkeit von zehn Tagen bei 4 °C.

Eine Übereinstimmung kann bei einem Vergleich der hier ermittelten Ergebnisse mit den Untersuchungen von CHYTIRI et al. (2004) konstatiert werden, wobei die Haltbarkeit von runden und filetierten Forellen anhand des Frische-Tests nach der derzeit gültigen EU-Verordnung untersucht wurde. Bei der sensorischen Prüfung der ganzen Forellen ermittelten die Autoren die Frischeklassen E bis zum 6. Tag, die Klasse A bis zum 9. Tag und die Klasse B bis zum 15. Tag. In dieser Studie lag die Grenze der Verwertbarkeit bei 15 bis 16 Tagen.

### **5.3 Gegenüberstellung von Qualitäts-Index-Methode (QIM) und Sensorischer Profilprüfung (SPP)**

Jahreszeitliche Unterschiede in der Beurteilung der Fischfrische ergaben sich bei der QIM<sub>original</sub> und der QIM<sub>modifiziert</sub>, wohingegen in der SPP von den vier existierenden Indices nur die Parameter „Geruch“ und „Textur“ saisonale Divergenzen aufwiesen. Sämtliche Fische erreichten trotz der auftretenden Unterschiede in der Frischebeurteilung die gleiche Haltbarkeitsdauer.

Die besten Frischenoten erzielten bei den zwei QIM-Versionen die „Winterfische“, die „Sommerfische“ erreichten bei Zugrundelegung des QI<sub>original</sub> ein vergleichbares Niveau. Diese günstige Beurteilung erlangten auch die „Winterfische“ bei der SPP-Textur-Dimension. Im Rahmen der SPP-Beurteilung zeigten sich die „Frühjahrsfische“ den „Winterfischen“ gleichwertig. Legt man jedoch die QIM-Ergebnisse zugrunde, so erhielten die „Frühjahrsfische“ gemeinsam mit den „Herbstfischen“ die schlechteren Frischewerte.

Die gute Frischeposition der „Sommerfische“ deckt sich mit der Beurteilung der SPP-Geschmacks-Dimension.

Insgesamt gesehen wurden beiden Messmethoden - QIM als auch SPP - die „Winterfische“ als auch die „Sommerfische“ mit guten Frischewerten beurteilt.

Aufgrund der Resultate aus den vorgenannten Erhebungen erweist sich die QIM als verlässlicher zur Erstellung einer sicheren Prognose des Frischgrades. Bei den SPP-Indices traten, im Gegensatz zur QIM, die Polaritäten auf, die zwischen SPP-Textur- und Geschmacksdimension bei den Bewertungen von „Winter-“, „Frühjahrs-“ und „Sommerfischen“ existierten.

Die Frischekurven der QIM verliefen eng an der linearen Konzeption. Dieser lineare Kurvenverlauf stellte sich in beiden Versionen ( $QI_{\text{modifiziert}}$  und  $QI_{\text{original}}$ ) in den verschiedenen Jahreszeiten als wesentlich homogener dar im Vergleich zu den Verläufen der Parameter der SPP.

Von daher wäre eine zuverlässige Bestimmung der Fischfrische innerhalb einer Saison mittels SPP kaum zu realisieren (vgl. Kap. 4.4).

Diese Gegebenheiten verdeutlichen, dass die Prognosefähigkeit bei QIM saisonal stabil und bei SPP saisonal eher instabil ist. Daraus resultiert für die praktische Anwendung ein deutlicher Vorteil der QIM gegenüber der SPP aufgrund einer generell sicheren Vorhersagekompetenz der QIM.

#### **5.4 Einfluss des Fischgewichts auf die Haltbarkeit der Fische**

Weil das Gewicht von Fischen zu den unterschiedlichen Jahreszeiten differiert, ergibt sich die Notwendigkeit, den Einfluss dieser saisonalen Fischgewichte auf die Studienergebnisse der vorliegenden Arbeit hin zu untersuchen.

Divergenzen der Fischgewichte zwischen den Jahreszeiten ergeben sich u. a. aufgrund von Schwankungen in der Wassertemperatur, beim Licht und in der Besatzdichte eines Gewässers sowie durch unterschiedliche Nahrungsangebote und ungleiche Aktivitäten der Fische (vgl. 2.4.3.3). Fische sind im Sommer meist schwerer als im Winter.

Da sämtliche der hier untersuchten Fische die gleiche Futtermenge über das Jahr erhielten sowie in gleichgroßer Besatzdichte aufwuchsen, kann der Effekt des Nahrungsangebots bzw. der Besatzdichte auf die Tiere zu den verschiedenen Jahreszeiten außer Acht gelassen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass die „Sommerfische“ mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 500 g deutlich schwerer waren als die „Frühjahrs-“, „Winter-“ und „Herbstfische“. Das leichteste Gewicht wiesen die „Frühjahrsfische“ auf mit durchschnittlich ca. 300 g, wobei die „Winter-“ und die „Herbstfische“ in ihrem Gewicht nahe den „Frühjahrsfischen“ lagen.

Zwischen dem Fischgewicht am Lagerungstag (=Messtag) und den Indices der SPP „Geschmack frisch“ „Textur“ und „Sensorik-total“ bestand eine statistisch signifikante

Korrelation. Trotz dieses Zusammenhangs der drei SPP-Indices ergab die hier vorgenommene statistische Analyse keinen signifikanten Einfluss des Fischgewichts auf die Haltbarkeit der Fische (vgl. Tab. 42).

## **5.5 Eignung der physiko-chemischen Parameter zur Frischegradbestimmung**

Die festgestellten Messwerte des elektrischen Gewebswiderstands der Fischmuskulatur mittels Intellectron Fischtester (VI), die pH-Werte des Muskelfleisches sowie die Bestimmung des Kochwasserverlusts der gegarten Filets stellten aufgrund ihrer potentiellen Streuung keine eigenständigen Qualitätskriterien zur Bestimmung des Frischegrades dar. Dargelegt werden soll, inwieweit diese Kriterien zur Optimierung der QIM geeignet sind.

### **5.5.1 Fischtester-Wert**

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten Fischtester-Werte nahmen über den gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich ab und zeigten dabei einen lagerzeit-abhängigen linearen Verlauf. Die Werte erreichten am zweiten Untersuchungstag ihr Maximum, was als eine Auswirkung des Rigor mortis im Sinne einer verringerten Elektrolytleitfähigkeit zu erklären ist. Mit fortschreitender Lagerdauer fielen die Messwerte nach 21 Tagen von durchschnittlich 87 [SKT] auf 40 [SKT].

Von ähnlichen Beobachtungen berichtet OEHLENSCHLÄGER (1992, 1995), der bei Rundfischen im Fall der Gadiden einen nahezu linearen Abfall der Fischtester-Werte bis auf den Nullwert konstatierte. Dagegen pendelten sich bei Schollen die Messwerte in den Lagertagen 10 bis 20 etwa um den Wert 50 ein, um danach weiter abzufallen. Der Fischtester-Wert erreichte jedoch nicht den Wert 0, sondern oszillierte bis zum Erreichen der Genussfähigkeitsgrenze um den Wert 30. Als Ursache erkannte der Autor den verbleibenden Restwiderstand der derben Schollenoberhaut.

Aufgrund dieser Resultate erweist sich der Fischtester als ein geeignetes Messinstrument zur Bestimmung der Frische. Für die Bestimmung des eintretenden Verderbs ist der Fischtester-Wert dagegen wegen des Nichterreichens des Nullwerts weniger geeignet.

Der wesentliche Vorteil des Fischtesters liegt in seiner praktischen Anwendung. Durch ihn ist der Messvorgang der Frische unkompliziert geworden und kann problemlos vor Ort ohne besonderen Zeitaufwand vorgenommen werden.

### 5.5.2 pH-Wert

Aufgrund des geringen Glykogengehalts und der hohen Pufferkapazität der Fischmuskulatur sind prinzipiell nur geringe pH-Wert-Änderungen während der Lagerung feststellbar.

Im Laufe der Versuche variierte der pH-Wert während der Lagerungszeit bis zum 16. Tag zwischen 6,4 und 6,5. Ab dem 18. Untersuchungstag erhöhte er sich dann geringfügig, um anschließend bis zum 21. Tag auf 6,7 anzusteigen.

Dieser Befund deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen von MANTHEY und KARL (1984). Bei der Qualitätsuntersuchung von eisgelagerten tropischen Buntbarschen (*Sarotherodon nilotica*) konstatierten sie, dass während des gesamten Untersuchungszeitraums von 21 Tagen der pH-Wert zwischen 6,4 und 6,5 pendelte, im Anschluss an einen leichten initialen Abfall. Mittels dieser pH-Werte ließen sich demnach keine Rückschlüsse auf die Qualitätsveränderungen der Fische ziehen.

OEHLENSCHLÄGER (1995) publizierte vergleichbare Aussagen, in welchen er feststellte, dass der pH-Wert von Schollen aufgrund großer Schwankungen der Einzelwerte sowie der geringen Änderung der Messgröße in den ersten Tagen der Lagerung als Frischeindikator ungeeignet ist.

In Übereinstimmung mit der vorliegenden Untersuchung ist es aufgrund des inhomogenen Verlaufs der pH-Werte mit ihren Messwertstreuungen (Standardabweichungen) nicht möglich, dieses Merkmal zur Feststellung evtl. Qualitätsabweichungen einzusetzen. Die pH-Werte sind eher Mittel zu einer ersten Einschätzung der Ware im Hinblick auf die Lagerfähigkeit. Für eine profundere Beurteilung ist ggf. eine organoleptische bzw. eine chemische oder bakteriologische Untersuchungsmethode heranzuziehen.

Die pH-Wert-Messungen können auch genutzt werden, um prognostische Schlüsse über die qualitativen Veränderungen der Fischware zu ziehen.

### 5.5.3 Kochwasserverlust

Der gemessene Gesamtkochwasserverlust pro Stichprobeneinheit "Jahreszeit" betrug durchschnittlich 11,4 %. Dabei zeigte sich, dass der KWV erst im letzten Drittel des Eislagerversuchs deutlich anstieg, wodurch die Anwendbarkeit des KWV als Messkriterium zur Frischebestimmung begrenzt ist.

Ähnliche Werte ermittelten auch MIERKE-KLEMEYER et al. (2003) bei ihrer Untersuchung des Kochwasserverlusts von Dorschen, wobei ein Gesamtverlust an Kochwasser von ca. 12% konstatiert wurde. Die Autoren erkannten ebenfalls, dass saisonal bedingte Unterschiede im Wassergehalt der Filets auftreten. So wiesen im März/April gefangene Ostseedorsche einen höheren Wassergehalt auf als jene Fische, die zu den anderen Jahreszeiten gefangen wurden. Die Unterschiede wurden auf die übliche Hungerperiode der Fische im Winter zurückgeführt.

Aus den Untersuchungsergebnissen der vorliegenden Studie lässt sich sicher herleiten, dass eine Berechnung des Kochwasserverlusts bei Eislagerung eher ungeeignet ist, die QIM während eines Lagerungsversuchs in ihrer Frischebewertung von Fischen zu optimieren, da das Wasserbindungsvermögen während der gesamten Lagerzeit weitgehend erhalten bleibt.

## **5.6 Schlussfolgerungen über die Ergänzung von physiko-chemischen Parametern sowie von Parametern der Sensorischen Profilprüfung (SPP) zur Qualitäts-Index-Methode (QIM)**

Der Frage, ob eine Ergänzung der QIM mit den Parametern der SPP bzw. mit physiko-chemischen Kriterien angezeigt ist, ergibt sich aus den multiplen linearen Regressionsrechnungen, wie sie in Tabelle 27 bis 35 dargestellt sind. Die Aussagen lauten: Hohe Korrelationen mit der Lagerungszeit wiesen Fischtester-Wert, „Geschmack frisch“ aus der SPP und pH-Wert auf; der Kochwasserverlust korrelierte dagegen nur in geringerem Maße.

Der Fischtester-Wert zeigte ebenso eine signifikante Korrelation mit dem QI. Die bereits als zuverlässig definierte Vorhersagekompetenz des QI wurde durch Hinzunahme des Fischtester-Werts verbessert. Durch die Erweiterung der QIM um den Fischtester-Wert konnte eine Optimierung der QIM von dem Wert  $R = 0,985$  auf  $R = 0,995$  erzielt werden (vgl. Tab. 24, 28). Eine weitere Ergänzung mit dem Parameter „Geschmack frisch“ ließ diesen Wert weiter auf  $R = 0,999$  ansteigen (vgl. Tab. 30).

Weil das Kriterium „Geschmack frisch“ der SPP von eminenter Bedeutung für die Bestimmung des Endes der Verkehrsfähigkeit ist und erheblich zur Bestimmung der Fischfrische beiträgt, ist dieses Kriterium als Parameter definitiv zur Ergänzung der QIM geeignet und somit qualifiziert, um in die Bewertung mit einzufließen.

Die einzelnen Messwerte dieses Parameters zeigten über den gesamten Untersuchungszeitraum einen kontinuierlichen Abfall. Zwischen dem 14. und 16. Lagertag sank die

erreichte SPP-Punktzahl schließlich von 45 auf 31. Mit dem Unterschreiten der 40-Punkte-Marke war die Verkehrsfähigkeit der Forellen nicht mehr gegeben.

Jede ergänzende Untersuchung der QIM bedeutete sowohl einen zeitlichen als auch einen materiellen Mehraufwand, der ggf. auch unter dem Aspekt entstehender Kosten gerechtfertigt sein müsste.

Insbesondere die SPP, bei der die Fische zu garen sind, ist im Vergleich zur QIM, (die auf äußeren Untersuchungen des rohen Fisches basiert), wesentlich aufwändiger. Durch Hinzunahme weiterer SPP-Parameter würden der QIM auch Vorteile wie Schnelligkeit und einfaches Handling genommen.

Während die Ergänzung der QIM mit dem Fischtester-Wert keinen wesentlichen Material- und Zeitaufwand in der Praxis bedeutet, erfordert die Hinzunahme des Parameters „Geschmack frisch“ aus der SPP den Einsatz qualifizierter Prüfer mitsamt Gerätschaften plus Ausstattung. Von daher wäre ein solcher Einsatz eher in anspruchsvolleren Situationen wie beispielsweise in der Wissenschaft angezeigt.

Sinnvoll erscheint es, die QIM ggf. per Fischtester zu ergänzen. In einer gegebenen Situation kann zur weiteren Verbesserung der QIM auch der Parameter „Geschmack frisch“ mit in die Frischebewertung aufgenommen werden.

Die Europäischen Fischereiforschungsinstitute haben die sensorische Bestimmungsmethode QIM seit Mitte der 90er Jahre entwickelt, wobei zu erwarten steht, dass sich QIM zu der führenden Referenzmethode für die Bestimmung von Frischfisch in der Europäischen Union entwickeln wird. Weiterhin kann QIM an Bedeutung gewinnen, da auch der Fischhandel über das Internet zunimmt und somit einem steigenden Informationsbedürfnis des Einzelhandels und der Verbraucher Genüge geleistet werden kann durch Einstellen von QIM-Daten in das Netz.

Im Vergleich zu den bisherigen etablierten Prüfungsverfahren stellt QIM ein fischspezifisches elaboriertes Bewertungsschema dar, das Qualitätskontrollen nun auf einem höheren Niveau ermöglicht. Aufgrund ihrer systemimmanenten positiven Eigenschaften einerseits sowie des Bedarfs an exzellenten Qualitätssicherungssystemen andererseits ist QIM prädestiniert für einen allgemein akzeptierten Einsatz im Handel als auch bei den Verbrauchern.

## 6 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob und ggf. in welchem Ausmaß saisonale Unterschiede in der Haltbarkeit von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) während der Lagerung in Eis existieren.

Gegenstand dieser Untersuchung waren insgesamt 400 ausgenommene Regenbogenforellen, von denen jeweils 100 Fische pro Jahreszeit in dem Zeitraum von November 2005 bis September 2006 mit sensorischen und physiko-chemischen Verfahren examiniert wurden.

Die Forellen wurden in schmelzendem Eis gelagert und hinsichtlich ihrer sensorischen Merkmalsausprägungen alle 2-3 Tage mittels der Frischegradschemata Qualitäts-Index-Methode ( $QIM_{\text{original}}$  und  $QIM_{\text{modifiziert}}$ ), wobei letztere das Merkmal „Geschmack frisch“ einbezog, sowie der Sensorischen Profilprüfung (SPP) an gegarten Filets bis zum Eintritt des Verderbs untersucht und beurteilt. Ferner wurde im Rahmen dieser Arbeit geprüft, inwieweit die lineare Anpassung des Qualitätsindex (QI) an die fortschreitende Lagerungszeit durch eine multivariate Kombination des QI mit Hilfe weiterer Parameter optimiert werden kann.

Zu diesem Zweck wurden neben den SPP-Indices (SPP-Totalindex, SPP-Geruch-, Geschmack-, Texturindex) auch die physiko-chemischen Parameter pH-Wert, Fischtester-Wert und Kochwasserverlust erhoben. Dem Merkmal „Geschmack frisch“ aus der SPP kam dabei eine besondere Bedeutung zu als wesentliches Kriterium für die Festlegung der Grenze der Verkehrsfähigkeit bzw. der Haltbarkeit der Fische.

Folgende Schlussfolgerungen lassen sich über die saisonal bedingten Effekte der Frischegradbeurteilungen mittels der Qualitäts-Index-Methoden und der Sensorischen Profilprüfung ziehen:

1. Die Grenze der Verkehrsfähigkeit bzw. der Haltbarkeit der Fische in den einzelnen Jahreszeiten wurde an unterschiedlichen Lagertagen überschritten - im Herbst geschah dieses am 14. Tag, im Winter, Frühjahr und Sommer am 16. Tag. Der Faktor Saison übte dabei keinen signifikanten Einfluss auf das Verfallsdatum aus.
2.  $QI_{\text{original}}$  als auch  $QI_{\text{modifiziert}}$  reagierten in geringem Ausmaß auf saisonale Einwirkungen, sie führten jedoch zu keinen wesentlichen Benotungsunterschieden in der Frischegradbeurteilung. Saisondifferenzen ergaben sich nur an wenigen Tagen und waren dann auch nicht periodenübergreifend.

3. Bei Zugrundelegung des  $QI_{\text{modifiziert}}$  als Totalmittelwert über die gesamte Messperiode erreichten die „Winterfische“ die beste Bewertung. Die „Frühjahrs-“, „Sommer-“ und „Herbstfische“ wiesen demgegenüber schlechtere  $QI$ -Werte auf. Legt man dagegen den  $QI_{\text{original}}$  zugrunde, so erzielten nun die „Sommer-“ und die „Winterfische“ - generell als auch zeitabhängig - gute  $QI$ -Werte. Bei einem direkten Vergleich zwischen „Sommer-“ und „Winterfischen“ erlangten die „Sommerfische“ den besseren Mittelwert der Frischebeurteilung. Unabhängig von der jeweils angewendeten Version der Qualitäts-Index-Methode erhielten die „Frühjahrs-“ und die „Herbstfische“ die relativ ungünstigsten Frischebenotungen.
4. Analog zu der guten Beurteilung der „Winterfische“ mittels QIM führte auch die SPP-Textur zu ähnlich günstigen Beurteilungen. Jedoch erlangten hier die „Frühjahrsfische“ gleichwertige Resultate, die, gemessen an den QIM-Ergebnissen, gemeinsam mit den „Herbstfischen“ das niedrigste Frischeniveau aufwiesen. Die per  $QI_{\text{original}}$  ermittelte günstigste Position der „Sommerfische“ entsprach quasi dem hervorragenden Rang der „Sommerfische“ bei der SPP- Geschmacksdimension, wobei die Werte der „Winterfische“ hier ebenfalls positiv ausfielen. Der SPP-Totalindex sowie der SPP-Geruchsindex unterlagen jedoch keiner jahreszeitlichen Sensitivität.
5. Beiden Messmethoden zufolge, QIM sowie SPP, waren sowohl die „Winterfische“ als auch die „Sommerfische“ durch gute Frische charakterisiert. Diese saisonbezogenen Übereinstimmungen zwischen den Prüfergebnissen von QIM und von SPP fielen jedoch eher moderat aus. Signifikante saisonale Unterschiede im Mittelwertniveau der Frischerangordnung existierten zwar über die gesamte Lagerungszeit, allerdings ergaben sich hierbei keine chronologisch konstanten bzw. über eine Reihe von Tagen anhaltenden rangordnungsstabilen Differenzen zwischen den vier Jahreszeiten. Bei einer näheren Betrachtung der einzelnen Lagerungstage ließen sich lediglich punktuell Mittelwertunterschiede replizieren. Die Frischewerte erbrachten nur geringe jahreszeitliche Abweichungen untereinander bzw. saisonale Konvergenzen. Zu Beginn der Lagerung oszillierten die Frischewerte nur geringfügig, um dann aber ab dem 9. bzw. dem 11. Tag auf Eis in stärkerem Maße zu streuen.
6. Die per  $QI$ -Methode erzielten Prüfergebnisse erwiesen sich gegenüber den SPP-Ergebnissen als verlässlicher, da sich - im Gegensatz zu QIM - bei allen SPP-Indices Gegensätzlichkeiten ergaben, die bei der Bewertung von „Winter-“, „Frühjahrs-“ und „Sommerfischen“ zwischen SPP-Textur- und Geschmacksdimension auftraten.



Darüber hinaus zeigten die Werte der SPP-Indices unregelmäßige lagerungszeitliche Verläufe zu den verschiedenen Jahreszeiten.

7. Die QI-Methode führte ungeachtet punktueller Deviationen zu einer linearen Anpassung des QI an die Lagerungszeit der Fische. Diese Anpassung ermöglicht eine relativ sichere Prognosefähigkeit der Fischfrische im Laufe der Eislagerung. Die lineare Anpassung des QI ließe sich noch verbessern durch Hinzunahme des SPP-Parameters „Geschmack frisch“ und des Fischtester-Werts am Lagerungstag. Die SPP-Funktionen erweisen sich im Vergleich zu QIM als deutlich instabiler und unsystematischer. Insofern ist die Prognosekompetenz der SPP-Indices als äußerst gering zu betrachten und ungeeignet als singular anwendbare Methode.

## 7 Summary

### **Investigations on shelf life of ice-stored aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to annual seasonal factors by application of the Quality Index Method (QIM) for gutted whole fish and sensory assessment for cooked fillets.**

The objective of this thesis was to analyse by sensory as well as by physico-chemical methods if and to what extent seasonal differences can be detected until the end of shelf life (first appearance of spoilage notes) of the ice-stored rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was reached.

The object of this study were 400 gutted rainbow trouts of which one-hundred (100) fish were tested per each of the 4 seasons of the year during the time period from November 2005 to September 2006.

Trout were stored in melting ice and were sampled, evaluated and rated every two (2) or three (3) days for their sensory characteristics by means of a quality grading scheme assessing degrees of freshness by use of the Quality-Index-Method (QIM<sub>original</sub> and QIM<sub>modified</sub>) and the sensory investigation of profiles ("SPP") of cooked fillet samples until the first occurrence of spoilage happened. Within the scope of this work, it was also investigated to what extent the linear approximation of the quality index (QI) towards the progressing storage period can be optimized by applying a multivariate combination of the QI with additional parameters. In addition to the SPP-indices (total index, odour-, taste-, texture-index), the physical-chemical parameters pH-value, Fishtester value, and cook loss were measured. Within the sensory evaluation, the attribute "fresh taste" was of special importance being the essential criterion for the definition of the rejection threshold of the fish.

The following conclusion can be drawn due to seasonal effects by assessing the degree of freshness:

1. Rejection threshold (end of shelf life) of the fish for specific seasons was exceeded at different days of iced storage: on day 14 in autumn, in winter, spring and in summer on day 16. The parameter season did not significantly influence the shelf life of rainbow trout.
2. Although QI<sub>original</sub> and QI<sub>modified</sub> varied to some extent to seasonal influence, they did not result in essential grading differences when assessing the degree of freshness. Seasonal differences could only be shown at a few sampling days, they were, however, not clearly persistent during whole storage periods.

3. A closer examination of  $QI_{\text{modified}}$  as the total average showed that the fish examined through winter received the best rating throughout the whole storage period. Fish examined in spring, summer and autumn showed  $QI$ -values inferior to winter fish. However, when assessing with the  $QI_{\text{original}}$ , it was the fish examined during summer- and winter season, which generally and also as a function of time obtained the better  $QI$ -values. In direct comparison between fish examined during summer and winter, it was the “summer” fish that received the better average value for degree of freshness. Independently of the version of the Quality-Index-Method (“QIM”) applied, fish examined during spring and winter received inferior scores for freshness.
4. Fish examined during winter received superior scores using QIM and also similarly favourable scores with the SPP texture index. Within the scope of this evaluation, fish examined during spring were equal to fish examined during winter. Yet, on the basis of the QIM results, fish examined during spring and winter received the least scores for “degree of freshness”. The prominent position of fish examined during summer which was identified with the  $QIM_{\text{original}}$ , corresponds well with the SPP-taste-index. The SPP total index as well as the SPP odour index remained unaffected by sensitivity irrespectively of seasonal changes.
5. According to both measuring techniques, QIM and SPP, fish examined during winter and summer received top scores for degree of freshness. The test results obtained from QIM and SPP scored a moderate dimension only as to seasonal related conformity, though there were significant seasonal differences in the weighed average value to the rating of degree of freshness throughout the whole storage period. These differences were evident only on a few days and not later in a consecutive order amongst the four seasons. However, on closer inspection of the separate days of storage, it could be shown that the average value differences were replicated merely on some selective days. The rating results of the degree of freshness presented only minor seasonal differences among each other and seasonal convergences respectively. At the beginning of the storage period, the rating results of the degree of freshness showed only a slight scattering and from day 9 and day 11, respectively, the scattering (range) of the values increased.
6. The test results presented were more reliable when applying QIM, as there occurred contradictory information between the SPP-indices, which showed between SPP texture and SPP taste when evaluating the fish assessed during winter, spring and summer. Moreover, there appeared to be seasonal inconsistencies and irregularities with increasing storage time with the SPP-indices.

7. QIM, which has been used in this thesis, showed always a linear approximation of the quality index with the storage time of the fish irregardless of any selective deviations. This approximation allows for a more certain predictability of the fish freshness and remaining shelf life (in days in ice) when ice-stored. The linear approximation of the quality index can be optimized by adding the SPP-item “fresh taste” and the Fishtester value to the QIM scores. The predictability of the SPP-indices proves to be extremely low and therefore unqualified as a method used alone without additional measurements, as the indices are clearly quite unsystematic and variable.

## 8 Literaturverzeichnis

ALSTED, N. (1989):

Miljovoder til fisk. *Ph.D.- thesis*. Dansk Orrefoder A/S, Brande. (In Danish)

ABO-ELNAGA, I.G. (1980):

The bacterial flora of some fresh-water fishes.

Arch. Lebensmittelhyg. **31**, 181-183

ANDRADE, A. ; M.C. NUNES und I. BATISTA (1997):

Freshness quality grading of small pelagic species by sensory analysis.

In: Olafsdottir, G. / Luten, J. / Dalgaard, P. / Careche, M. / Verrez-Bagnis, E. / Martinsdottir, E. / Heia, K. (Hrsg.): Methods to determine the freshness of fish in research and industry. Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action Evaluation of Fish Freshness.

Paris: International Institute of Refrigeration, 333-338

BACKHAUS, K.; B. ERICHSON; W. WEIBER und R. WEIBER (2003):

Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung.

Berlin: Springer

BAIXAS-NOGUERAS, S.; S. BOVER-CID; T. VECIANA-NOGUES und M.C. VIDAL-CAROU (2002):

Chemical and sensory changes in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) under refrigeration (6-8 degrees C) and stored in ice.

J. Agric. Food Chem. **50** (22), 6504-6510

BAIXAS-NOGUERAS, S.; S. BOVER-CID; T. VECIANA-NOGUES; M.L. NUNES und M.C. VIDAL- CAROU (2003):

Development of a Quality Index Method to evaluate freshness in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*).

J. Food Sci. **68** (3), 1067-1071

BARBOSA, A., und P. VAZ-PIRES (2004):

Quality Index Method (QIM): Development of a sensorial scheme for common octopus (*Octopus vulgaris*).

Food Control **15**, 161-168

BAYLISS, P. (1996):

Chemistry in the kitchen: Fish and fish products.  
Nutrition & Food Science **1**, 41-43

BELITZ, H.-D.; W. GROSCH und P. SCHIEBERLE (2001):

Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 564-565  
Berlin, Heidelberg: Springer

BERGANN, T., und J. KLEEMANN (1994):

Der Fresh-Tester: Schnellmethode zur Bestimmung der Frische bzw. des Alters von  
Fleisch.  
Fleischwirtschaft **74** (5), 488-489

BEUTLING, D. (1992):

Fleisch  
In: Fehlhaber, K. /Janetschke, P. (Hrsg.): Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene.  
Jena/Stuttgart: Gustav Fischer, 191-238

BIESALSKI, H.K., und P. GRIMM (1999):

Taschenatlas der Ernährung.  
Stuttgart: Thieme

BILINSKI, E.; R.E.E. JONAS und M.D. PETERS (1983):

Factors controlling the deterioration of the Spiny Dogfish during iced storage.  
J. Food Sci. **48**, (3) 808-812

BJERKENG, B., und G. JOHNSON (1995):

Frozen storage quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as effected by  
oxygen, illumination, and fillet pigment.  
J. Food Science **60** (2) 284-288

BORTZ, J. (2005):

Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler.  
Berlin: Springer

BORTZ, J.; G.A. LIENERT und K. BOEHNKE (1990):

Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.  
Berlin: Springer

BOTTA , J.R. (1995):

Evaluation of Seafood Freshness Quality.

VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Cambridge, 180

BREMNER, A. (1985):

A Convenient Easy-to-use System for Estimating the Quality of Chilled Seafood.

Fish Processing Bulletin 7, 59-70

BRETZINGER, C.H.P. (2001):

Einfluss unterschiedliche Betäubungsarten auf Stressbelastung und Produktqualität bei der Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*).

München, Ludwig-Maximilian-Universität München, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE), Referat 523 –  
Fischwirtschaft (2006):

Der Markt für Fischereierzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre  
2006. Hamburg

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL)  
(2006 -):

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 Abs. 1 LFGB.

Berlin: Beuth

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND  
VERBRAUCHERSCHUTZ (BELV), DEUTSCHE LEBENSMITTELBUCH-KOMMISSION  
(2002):

Deutsches Lebensmittelbuch: Leitsätze für Fische, Krebs- Und Weichtiere und  
Erzeugnisse daraus.

Neufassung vom 27. November 2002

CARDELLO, A.V. (1994):

Consumer expectations and their role in food acceptance.

In: MacFie, H.J.H. / Thomson, D.M.H. (Hrsg.): Measurement of Food Preferences.

Blackie Academic, London, 253-297

- CHANG, K.L.; J. CHANG; C.Y. SHIAU und B.S. PAN (1998):  
Biochemical, Microbiological and Sensory Changes of Sea Bass (*Lateolabrax japonicus*) under Partial Freezing and Refrigerated Storage.  
J. Agric. Food Chem. **46** (2), 682-686
- CHOUBERT, G., und P. LUQUET (1983):  
Utilization of Shrimp Meal for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Rich.) Pigmentation.  
Influence of Fat Content of the Diet.  
Aquaculture **32**, 19-26
- CHYTIRI, S.; J. CHOULIARA; J.N. SAWAIDIS und M.G. KONTAMINAS (2004):  
Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout.  
Food Microbiology **21** (2), 157-165
- CHYTIRI, S.; E. PALEOLOGOS; I. SAVVAIDIS und M.G. KONTOMINAS (2004):  
Relation of biogenic amines with microbial and sensory changes of whole and filleted freshwater rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored on ice.  
J. Food Prot. **67** (5), 960-965
- COLBY, J.W.; L.G. ENRIQUEZ-IBARRA und G.J.,JR. FLICK (1993):  
The shelf life of fish and shellfish.  
In: Charalambous, G. (Hrsg.): Shelf Life Studies in Foods and Beverages.  
Elsevier, Amsterdam, 85-145
- CONNELL, J.J. (1990):  
The Control of Fish Quality  
Wiley Blackwell; 3Rev Ed edition, 240
- CONNELL, J.J., und J.M. SHEWAN (1980):  
Sensory and non sensory assessment of fish.  
In: Connell, J.J. (Hrsg.): Advances in Fish Science and Technology.  
Fishing News Books, Farnham, Surrey, England, 56-65
- DAWOOD, A. A.; R.N. ROY und C.S. WILLIAMS (1986):  
Effect of delayed icing on the storage life of rainbow trout.  
J. Food Technol. **21**, 159-166



DENTON, J. E., und M.K. YOUSEF (1976):

Body Composition and Organ Weights of Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*.

J. Fish Biol. **8**, 489-499

DEUFEL, J. (1963):

Vergleichende Untersuchung zur Bestimmung des Frischegrades von Süßwasserfischen.

Z. Lebensmit. Unters. **123**, 354-361

DEUFEL, J. (1975):

Gelbfleischigkeit bei Forellen und Möglichkeiten ihrer Beseitigung oder Verhinderung.

Fischerei und Teichwirtschaft **26**, 5

ELLIOTT, J. M. (1976):

Body Composition of Brown Trout in Relation to Temperature and Ration Size.

J. Anim. Ecology **45**, 273-289

ENDAL, H.P.; T. HANSEN; S.O. STEFANSSON und G.L. TARANGER (1991):

Photoperiodic control of growth and maturation in Atlantic salmon postsmolts.

In: Scott, A.P. / Sumpter, J.P. / Kime, D.E. / Rolfe, M.S. (Hrsg.): Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp. Reproductive physiology in fish.

University of East Anglia, Sheffield, 167

ENTSCHEIDUNG (95/149/EG) der Kommission vom 08. März 1995 über TVB Grenzwerte für bestimmte Kategorien von Fischerzeugnissen und die anzunehmenden Analysemethoden.

(ABI. EG Nr. L 97 S. 84)

ERIKSSON, L.O., und H. LUNDQUIST (1982):

Cirannual rhythms and photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.).

Aquaculture **28**, 113-121

FISCH-INFORMATIONEN-ZENTRUM E.V. (FIZ) (2007):

Fisch Wirtschaft. Daten und Fakten 2007, Hamburg

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION DER VEREINTEN NATIONEN (FAO),  
FISHERY & AGRICULTURE DEPARTMENT (2008):

Cultured Aquatic Species Information Programme

*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus\\_mykiss](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss),

Abruf vom 07.04.2008

FORSBERG, O.I. (1995):

Empirical investigations on growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in  
land-based farms. Evidence of a photoperiodic influence.

Aquaculture **133**, 235-248

FRASER, O.P., und S. SUMAR (1989a):

Compositional changes and spoilage in fish-an introduction.

Nutrition & Food Science **5**, 275-279

FRASER, O.P., und S. SUMAR (1989b):

Compositional changes and spoilage in fish (part II) - microbiological induced  
deterioration.

Nutrition & Food Science **6**, 325-329

FRIES, R.; H.-E. KRÜGER und M. RACH (1982):

Beeinflussung der Qualität von Räucherforellen.

Allg. Fischwirtschaftszeitung **18**, 776-781

GILL, T.A. (1990):

Objektive analysis of seafood quality.

Food. Rev. Int. **6**, 681-714

GINGERICH, T.M.; T. LORCA; G.J. FLICK; M.D. PIERSON und H.M. McNAIR (1999):

Biogenic amine survey and organoleptic changes in fresh, stored and temperature-  
abused bluefish (*Pomatomus saltatrix*).

J. Food Prot. **62** (9), 1033-1037

GONCALVES, A. C. ; S.E. ANTAS und M.L. NUNES (2007):

Freshness and quality criteria of iced farmed Senegalese sole (*Solea senegalensis*).

J. Agric. Food Chem. **55** (9), 3452-3461

GOODWIN, T.W. (1971).

Pigments – Arthropoda.

In: Florkin, M. / Scheer, B.T. (Hrsg.): Chemical zoology.

Acad. Press, New York, 279-288

GRAM, L., und H.H. HUSS (1996):

Microbiological spoilage of fish and fish products.

Int. J. Food Microbiol. **33**, 121-137

GROPP, J.M., und A. SCHUMACHER (1995):

Fütterung von Süßwasserfischen – Einfluss auf die Lebensmittelqualität.

Fischer & Teichwirt. **8**, 293

HAMRE, K.; O. LIE und K. SANDNES (2003):

Seasonal development of nutrient composition, lipid oxidation and colour of fillets from Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*).

Food Chem. **82**, 441-446

HANSEN, P. (1963):

Fat oxidation and storage life of iced trout.

J. Science Food Agriculture **14**, 781-786

HANSEN, T.; S.O. STEFANSSON UND G.L. TARANGER (1992):

Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., reared in sea cages at two different light regimes.

Aquacult Fish Manag **23**, 275-280

HARMS, V. (1988):

Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Eine leichtverständliche Einführung.

Kiel: Harms

HERRERO, A.M.; A. HUIDOBRO und M. CARECHE (2003):

Development of a Quality index method for frozen hake (*M. capensis* und *M. paradoxus*).

J. Food Sci. **68** (3), 1086-1092

HOBBS, G. (1991):

Fish: microbiological spoilage and safety.  
Food Sci. Technol. Today **5**, 166-173

HOCHSTÄDTER, D., und U. KAISER (1988):

Varianz- und Kovarianzanalyse.  
Frankfurt / Main: Deutsch

HOFFMANN, R., und B. OIDTMANN (1997):

Fische in der Aquakultur.  
In: Sambraus, H.H. / Steiger, A. (Hrsg): Das Buch vom Tierschutz.  
Stuttgart: Enke, 477-487

HOOTMAN, R.C. (1992):

Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation.  
Philadelphia: ASTM, 52

HOPPE, P. (1972):

Über die Gelbfleischigkeit der Speiseforelle.  
Münchener Beiträge **23**, 79-86

HUIDOBRO, A.; A. PASTOR und M. TEJADA (2000):

Quality Index Method development for raw gilthead seabream (*Sparus aurata*).  
J. Food Sci. **65** (7), 1202-1205

HUSS, H.H. (1995):

Quality and quality changes in fresh fish.  
FAO Fisheries Technical Paper **348**, 130-131

HUSSAIN, A.M.; D. EHLERMANN und J.-F. DIEHL (1976):

Effect of radurization on microbial flora of vacuum-packaged trout (*Salmo gairdneri*).  
Arch. Lebensmittelhyg. **27**, 223-225

HYLDIG, G., und C. FOSCHI (2006):

„Development of Quality Index Method (QIM) Scheme for Farmed trout (*Oncorhynchus mykiss*) of two different sizes (300-400 g and 11/2 – 2 kg).“ *In progress*.  
Danish Institute for Fisheries Research, Department for Seafood Research, Denmark

HYLDIG, G., und J. NIELSEN (1997):

A rapid sensory method for quality management.

In: Olafsdottir, G. / Luten, J. / Dalgaard, P. / Careche, M. / Verrez-Bagnis, V. / Martinsdottir, E. / Heia, K. (Hrsg.): Methods to determine the freshness of fish in research and industry, Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action "Evaluation of Fish Freshness", FAIR Programme of the EU.

Paris: Institut International du froid, 297-305

JELLINEK, G. (1981):

Sensorische Lebensmittelprüfung. Lehrbuch für die Praxis.

Pattensen: D & PS-Verlag

JONSDOTTIR, S. (1992):

Quality index method and TQM system.

In: Olafsson, R. / Ingthorsson, A.H. (Hrsg.): Quality Issues in the Fish Industry. Proceedings from the COMETT Conference Course: Quality Issues in the Fish Industry, European Cooperation.

Reykjavik Iceland. September, 81-94

JOSEPHSON, D.B.; R.C. LINDSAY und D.A. STUIBER (1987):

Enzymic hydroperoxide initiated effects in fresh fish.

J. Food Science **52** (3), 596-600

KADRI, S.; N.B. METCALFE; F.A. HUNTINGFORD und J.E. THORPE (1997):

Daily feeding rhythms in Atlantic salmon II. Size-related variation in feeding patterns of post smolts under constant environmental conditions.

J. Fish Biol. **50**, 273-279

KANNER, J., und J.E. KINSELLA (1983):

Initiation of lipid peroxidation by a peroxidase/hydrogen peroxide/halide system.

Lipids **18**, 204

KARNOP, G. (1982):

Die Rolle der Proteolyten beim Fischverderb, II. Vorkommen und Bedeutung der Proteolyten als bakterielle Verderbnisindikatoren.

Arch. Lebensmittelhyg. **33** (3), 61-66

KIM, B.C. (1984):

Der Schlachtkörperwert und die Fleischqualität bei Regenbogenforellen.  
Göttingen, Georg-August-Universität Göttingen, Landwirtschaftliche Fakultät, Diss.

KLUPP, R., und K. RANFFT (1977):

Körperzusammensetzung und Schlachtkörperqualität bei Regenbogenforellen.  
Bayer. Landw. Jahresbericht **54**, 451-457

KÖHLER, T. (2004):

Statistik für Psychologen, Pädagogen und Mediziner. Ein Lehrbuch.  
Stuttgart: Kohlhammer

KRAKENES, R.; T. HANSEN; S.O. STEFANSSON und G.L. TARANGER (1991):

Continuous light increases growth rate of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts  
in sea cages.  
Aquaculture **95**, 281-287

KREIENBROCK, L., und S. SCHACH (2000):

Epidemiologische Methoden.  
Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag

KUNZ, B. (1994):

Grundriss der Lebensmittel-Mikrobiologie, 2. Auflage.  
Hamburg: Behr

LAINE, J. J., und H.G. GYLLENBERG (1969):

Feeding of Rainbow Trouts with *Rhodotorula sanneii* Preparations. I. General Outline  
and Principal Results.  
Lebensmittel-Wiss. Technol. **2**, 48-50

LARSEN, L.; J. HELDBO; C.M. JESPERSEN und J. NIELSEN (1992):

Development of a method for quality assessment of fish for human consumption  
based on sensory evaluation.  
In: Huss, H.H. / Jakobsen, M. / Liston, J. (Hrsg.): Quality assurance in the fish  
industry.  
Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 351-358

LEBENSMITTELHYGIENERECHT-DURCHFÜHRUNGS-VERORDNUNG:

Verordnung zur Durchführung von Vorschriften des gemeinschaftlichen Lebensmittelhygienerechts vom 08. August 2007 (BGBl. S. 1816).

LEUPOLD, G. (1997):

Lebensmittelhygienische Untersuchungen an Regenbogenforellen nach Anwendung verschiedener Betäubungsverfahren.

Leipzig, Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Diss.

LIMA DOS SANTOS, C.A.M. (1981):

The storage life of tropical fish in ice – A review.

Trop. Sci. **23**, 97-127

LOVE, R.M. (1992):

Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish.

In: Hall, G.M. (Hrsg.): Fish Processing Technology.

Blacky Academic and Professional, London, 1-30

LUDORFF, W., und V. MEYER (1973):

Fische und Fischerzeugnisse.

Berlin, Hamburg: Paul Parey

LUTEN, J.B. (2000):

Development and implementation of a computerised sensory system (QIM) for evaluation fish freshness. CRAFT FAIR CT97 9063. Final report for the report from 01-01-98 to 31-03-00. RIVO. Wageningen, The Netherlands: The Netherlands Institute for Fisheries Research.

MANTHEY, M., und H. KARL (1984):

Untersuchungen zur Qualität von tropischen Buntbarschen (*Sarotherodon nilotica*) bei Eislagerung.

Dtsch. Lebensm. Rdsch **80**, 175-178

MARTINSDOTTIR, E.; J.B. LUTEN; A.A.M. SCHELVIS-SMIT und G. HYLDIG (2003):

Developments QIM: past and future.

In: Luten J.B. / Oehlenschläger, J. / Olafsdottir, G. (Hrsg.): Quality of fish from catch to consumer: labeling, monitoring and traceability.

Wageningen Academic Publishers, 265-272

MARTINSDOTTIR, E.; K. SVEINSDOTTIR; J.B. LUTEN; R. SCHELVIS-SMIT und G. HYLDIG (2001):

Reference manual for the fish sector: sensory evaluation of fish freshness.

QIM Eurofish. P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands

MARTINSDOTTIR, E. (2000):

Quality management of stored fish.

In: Bremner, H.A. (Hrsg.): Safety and quality issues in fish processing.

Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 360-378

MARTINSDOTTIR, E.; K. SVEINSDOTTIR und G. OLAFSDOTTIR (2000):

Development and Implementation of a Computerised Sensory System (QIM) for Fish Freshness.

IFL Project Report 11

MARTINSDOTTIR, E., und A. ARNASON (1992):

Redfish, Kap. 4. Sluttraport. In Nordic Industrial Fund. Quality Standards for Fish: Final Report Phase II. Pp. 21-35

MEYER, C., und J. OEHLenschLÄGER (1996):

Sensorische Bewertung, Mikrobiologie und chemische Kenngrößen von eisgelagertem Wittling (*Merlangius merlangius*).

Inf. Fischw. **43** (2), 89-94

MEYER, U., und H. WEINDLMAIER (1988):

Die Einstellung der Verbraucher in der BRD zu Milchimitationsprodukten.

Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Bonn.

Milch-Marketing: Ratgeber Nr. 4

MIERKE-KLEMEYER, S.; R. SCHUBRING und J. OEHLenschLÄGER (2003):

Veränderungen sensorischer und instrumenteller Parameter während der Gefrierlagerung von Ostseedorsch (*Gadus morhua*) bei unterschiedlichen Temperaturen.

Inf. Fischwirtsch. Fischereiforschung **50** (4), 166-180



MORAWA, F.W.F. (1962):

Die Beschaffenheit des Fischkörpers als Spiegel von Vererbungsanlage, Lebenskraft und Umwelt.

Fette. Seifen.

Anstrichmittel **64**, 128-133

MUNOZ, A.M.; G.V. CIVILLE und B.T. CARR (1992):

Sensory evaluation in quality control.

Van Nostrand Reinhold, New York

MURRAY, M. W.; J.W. ANDREWS und H.L. DELOACH (1977):

Effects of dietary lipids, dietary protein and environmental temperatures on growth, feed conversion and body composition of channel catfish.

J. Nutrition **107** (2), 272-280

NIELSEN, D., und G. HYLDIG (2004):

Influence of handling procedures and biological factors on the QIM evaluation of whole herring (*Clupea harengus* L.).

Food Res. Int. **37**, 975-983

NIELSEN, J., und K. JESSEN (1997):

New developments in sensory analysis for fish and fishery products.

In: Luten, J.B. / Borresen, T. / Oehlenschläger, J. (Hrsg.): Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality.

Dev. Food Sci. **38**, 537-547

Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

NIEPER, L., und J. STOCKEMER (1986):

Zur Eignung der Bestimmung des TVB-N-Gehalts, des TMA-Gehalts sowie von biogenen Aminen zur Beurteilung der Genusstauglichkeit von Rotbarsch.

Arch. Lebensmittelhyg. **37**, 117-118

NORM DIN 10950 – 1: Sensorische Prüfung - Teil 1: Begriffe.

Ausgabe: 1999 - 04

NORM DIN 10961: Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen.

Ausgabe: 1996 - 08

OEHLENSCHLÄGER, J. (1992):

Evaluation of some well established and some underrated indices for the determination of freshness and / or spoilage of ice stored wet fish.

In: Huss, H.H. / Jokobsen, M. / Liston, J. (Hrsg.): Quality Assurance in the Fish Industry.

Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 339-350

OEHLENSCHLÄGER, J. (1995):

Bewertung von Frische- und Verderbsindikatoren bei der Eislagerung von Schollen (*Pleuronectes platessa*).

Inf. Fischwirtsch. **42** (2), 94-102

OEHLENSCHLÄGER, J. (1997):

Criteria of seafish freshness and quality aspect.

In: Olafsdottir G. / Martinsdottir, E. / Oehlenschläger, J. / Dalgaard, P. / Jensen, B. / Undeland, I. / Mackie, I.M. / Henehan, G. / Nielsen, J. / Nilsen, H. (Hrsg.): Methods to determine the freshness of fish in research and industry.

Trends in Food Science & Technol. Today **8**, 30

OEHLENSCHLÄGER, J. (1997):

Was ist eigentlich Frischfisch?

Verbraucherdienst **42** (8), 184-188

OEHLENSCHLÄGER, J. (2004):

Die Qualitäts-Index-Methode (QIM), ein verlässliches Instrument zur sensorischen Bewertung der Frische von Fisch.

Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch. **51** (1), 22-26

OETINGER, F.C. (2003):

Betäubung von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) mit Nelkenöl und BHA-Stressbelastung und Produktqualität.

München, Ludwig-Maximilian-Universität München, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

OPPEDAL, F.; G.L. TARANGER; J.-E. JUELL; J.E. FOSSEIDENGEN und T. HANSEN (1997):

Light intensity affects growth and sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts in sea cages.

Aquat. Living Resour. **10**, 351-357

OSTRANDER, J., und C. MARTINSEN (1976):

Sensory testing of pen-reared salmon and trout.

J. Food Science **41**, 386-390

PAPOUTSOGLOU, S. E., und E.P. PAPOUTSOGLOU (1978a):

Effect of water temperature on growth rate and body composition of rainbow trout fry, fed, and maximum ration in closed system.

Thalassographica **2** (1), 83-97

PAPOUTSOGLOU, S. E., und E.P. PAPOUTSOGLOU (1978b):

Comparative studies on the effect of density on body composition, growth rate and survival of rainbow trout fry, reared in semiclosed system.

Thalassographica **1** (3), 43-56

PAUL, P.C., und H.H. PALMER (1972):

Food Theory and Applications.

Finfish Nutrition New York, John Wiley, **8**, 526

PEDROSA-MENABRITO, U.A., und J.M. REGENSTEIN (1988):

Shelf-life extension of fresh fish- A review. Part I- Spoilage of fish.

J. Food Quality **11**, 117-127

PICHNER, R. (1999):

Untersuchungen an frischem und gelagertem Schweinefleisch zur Evaluierung geeigneter Frischeparameter.

München, Ludwig-Maximilian-Universität München, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

PRIEBE, K. (1984):

Beitrag zur Eignung des Histamingehalts als Maßstab der Verderbnis von Fischen.

Arch. f. Lebensmittelhyg. **35** (6), 123-128

RANDELL, K.; T. HATTULA und R. AHVENAINEN (1997):

Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and baltic herring filets.

Lebensm.-Wiss. Technol. **30**, 56-61

REINITZ, G., und F. HITZEL (1980):

Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition.

Aquaculture 19, 243-252

REINITZ, G. (1983):

Relative effect of age, diet and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*).

Aquaculture **35**, 19-27

REITER, R. (1999):

Optimale Anwendungsdauer carotinangereicherter Futtermittel zur Erzeugung rotfleischiger Regenbogenforellen (Lachsforellen).

Fisch & Teichwirt **50**, 5-7

RICHTLINIE 91/493/EWG des Rates vom 22. Juli 1991 zur Festlegung von Hygienevorschriften für die Erzeugung und die Vermarktung von Fischereierzeugnissen. (ABI. EG NR. L 268 S. 1)

ROBB, D.H.F. (2002):

The killing of quality: The impact of slaughter procedures on fish flesh.

In: Alasalvar, C. / Taylor, T. (Hrsg.): Seafoods - Quality, Technology and Nutraceutical Applications.

Berlin: Springer, 7-16

ROBB, D.H.F.; M.O.O. CALLAGHAN; J.A. LINES und S.C. KESTIN (2002):

Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration.

Aquaculture **205**, 359-371

RODRIGUEZ, C.-J. ; I. BESTEIRO und C. PASCUAL (1999):

Biochemical changes in freshwater rainbow trout during chilled storage.

J. Science Food Agriculture **79**, 1473-1480

ROTHER, M. (1978):

Einführung in die Aromaforschung.

Berlin: Akademie-Verlag

SAUNDERS, R.L.; E.B. HENDERSON und P.R. HARMON (1985):

Effects of photoperiod on juvenile growth and smolting of Atlantic salmon and subsequent survival and growth in sea cages.

Aquaculture **45**, 55-66

SAUNDERS, R.L.; J.L. SPECKER und M.P. KOMOURDJIAN (1989):

Effects of photoperiod on growth and smolting in juvenile Atlantic salmon.

Aquaculture **82**, 103-117

SAUNDERS, R.L., und P.R. HARMON (1988):

Extended daylength increases postsmolt growth of Atlantic salmon.

World Aquac. **19**, 72-73

SAUNDERS, R.L., und P.R. HARMON (1990):

Influence of photoperiod on growth of juvenile Atlantic salmon and development of salinity tolerance during winter-spring.

Trans. Am. Fish. Soc. **119**, 689-697

SCHIRRMACHER, G. (1975):

Untersuchungen über das Vorkommen von Pseudomonaden und Aeromonaden auf Bodenseefischen in lebensmittelhygienischer Sicht.

Gießen, Justus-Liebig-Universität Gießen, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

SCHULZE, K. (1985):

Untersuchungen zur Mikrobiologie, Haltbarkeit und Zusammensetzung von Räucherforellen aus einer Aquakultur.

Arch. Lebensmittelhyg. **36**, 92-94

SEBASTIO, P.; F. AMBROGGI und G. BALDRATI (1996):

Influence of slaughter method on rainbow trout bred in captivity. I. Biochemical considerations.

Industria Conserve **71**, 37-49

SENGMÜLLER-SIEBER, T. (1999):

Vergleichende Untersuchungen zur Stressbelastung und Produktqualität von Regenbogenforelle, Wels und Flunder bei unterschiedlichen Betäubungsmethoden.

München, Ludwig-Maximilian-Universität München, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

SHAIDA, F., und J.R. BOTTA (1994):

Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality.

London: Blackie Academic & Professional, 342

SHEWAN, J.M., und C.K. MURRAY (1979):

The microbial spoilage of fish with special reference to the role of psychrophiles.

In: Russel, A.D. / Fuller, R. (Hrsg.): Cold Tolerante Microbes in spoilage and the Environment. The Society for Applied Bacteriology.

Technical Series No. 13 Reading. UK. Academic Press. London, New York. 117-136

SIEGEL, S. (2001):

Nicht-parametrische statistische Methoden.

Eschborn: Klotz

SINELL, H.-J. (2003):

Einführung in die Lebensmittelhygiene.

Berlin: Paul Parey

SIPOS, G. (2003):

Einfluss des Ausnehmens auf die sensorische und hygienische Beschaffenheit von eisgelagerten Zandern (*Sander lucioperca*) und Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*).

Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Diss.

SKONBERG, D.I.; R.W. HARDY; F.T. BARROWS und F.M. DONG (1998):

Color and flavor analyses of fillets from farm-raised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten.

Aquaculture **166**, 269-277

SMITH, I.P.; N.B. METCALFE; F.A. HUNTINGFORD und S. KADRI (1993):

Daily and seasonal patterns in feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage.

Aquaculture **117**, 13-27

SMITH, G.R., und R.F. STEARLY (1989):

The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts.

Fisheries 14 (1), 4-10

SOLBAKKEN, V.A.; T. HANSEN und S.O. STEFANSSON (1994):

Effects of photoperiod and temperature on growth and parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and subsequent performance in seawater.

Aquaculture **121**, 13-27

SONNEMANN, E. (1982):

Allgemeine Lösungen multipler Testprobleme.

In: EDV in Medizin und Biologie **13**, 4, 120-128

STEFANSSON, S.O.; B.T. BJÖRNSSON; T. HANSEN; C. HAUX; G.L. TARANGER und R.L. SAUNDERS (1991):

Growth, parr-smolt transformation, and changes in growth hormone of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared under different photoperiods.

Can. J. Fish. Aquat. Sci. **48**, 2100-2108

STEFANSSON, S.O.; T. HANSEN und G.L. TARANGER (1993):

Growth and parr-smolt transformation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) under different light intensities and subsequent survival and growth in seawater.

Aquac. Eng. **13**, 231-243

STEFFENS, W. (1979):

Des essbare Anteil und seine chemische Zusammensetzung bei Regenbogenforellen unterschiedlicher Größe.

Die Nahrung **23**, 935-941

STEPHAN, R., und F. UNTERMANN (1994):

Postmortale biochemische Vorgänge in der Muskulatur und ihre Beziehung zur Fleischqualität.

Archiv für Lebensmittelhygiene **45**, 114-117

STOJKOVIC-ATANACKOVIC, M., und S. JEREMIC (1986):

Die Bakterienflora des Darmkanals von Regenbogenforellen.

Veter. Glasnik 40, 749-752, zit. nach Saupe, CH. 1996

SVEINSDOTTIR, K.; G. HYLDIG; E. MARTINSDOTTIR; B. JORGENSEN und K. KRISTBERGSSON (2003):

Quality Index Method (QIM) developed for farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*).

Food Quality Preference **14**, 237-245

TARANGER, G.L. (1993):

Sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.; aspects of environmental and hormonal control.

Dr. Sci. Thesis Univ. Bergen, Norway. ISBN 82-7744-006-5

TARANGER, G.L.; C. HAUX; B.T. WALTHER; S.O. STEFANSSON; B.T. BJÖRNSSON und T. HANSEN (1991):

Photoperiodic control of growth, incidence of sexual maturation and ovulation in adult Atlantic salmon.

In: Scott, A.P. / Sumpter, J.P. / Kime, D.E. / Rolfe, M.S. (Hrsg.): Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp. Reproductive physiology in fish.

University of East Anglia, Sheffield, U.K., 145-147

TARANGER, G.L.; H. DAAE; K.O. JORGENSEN und T. HANSEN (1995):

Effects of continuous light on growth and sexual maturation in sea water reared Atlantic salmon.

In: Goetz, F. / Thomas, P. (Hrsg.): Proc. 5<sup>th</sup> Int. Symp. Reproductive physiology in fish.

University of Texas, Austin, Texas, U.S.A., 200

TERNES, W. (1990):

Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung.

Hamburg: Behr

TIEWS, K.; H. KOOPS; J. GROPP und J. TIEWS (1973):

Über die Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener Forellen in Abhängigkeit von Fütterung und Wachstum.

Arch. Fischwiss. **24** (1-3), 261-269

TOWNLEY, R.R., und T.C. LANIER (1981):

Effect of early evisceration on the keeping quality of Atlantic croaker and grey trout as determined by subjective and objective methodology.

J. Food Science **46**, 863-867

TRAMPISCH, H.J., und J. WINDELER (2000):

Medizinische Statistik.

Berlin: Springer



TRIQUI, R., und N. BOUCHRITI (2003):

Freshness assessments of Moroccan sardine (*Sardina pilchardus*): comparison of overall sensory changes to instrumentally determined volatiles.

J. Agric. Food Chem. **51** (26), 7540-7546

TÜLSNER, M., (1994):

Fischverarbeitung – Band 1

Rohstoffeigenschaften und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse.

Hamburg: Behr

VAN DE VIS, H.; S. KESTIN; D. ROBB; J. OEHLenschLÄGER; B. LAMBOOIJ; W. MÜNKNER; H. KUHLMANN; K. KLOOSTERBOER; M. TEJADA; A. HUIDOBRO; H. OTTERA; B. ROTH; N.K. SORENSen; L. AKSE; H. BYRNE und P. NESVADBA (2003):

Is human slaughter of fish possible for industry?

Aquaculture Research **34**, 211-220

VERORDNUNG (EG) NR. 2406/96 des Rates vom 26. November 1996 über gemeinsame Vermarktungsnormen für bestimmte Fischereierzeugnisse.

(ABI. L 334 vom 23.12.1996, S. 1-15)

VILLARREAL, C.A.; J.E. THORPE und M.S. MILES (1988):

Influence of photoperiod on growth changes in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L.

J. Fish Biol. **33**, 15-30

WARM, K.; N. BOKNAS und J. NIELSEN (1998):

Development of Quality-Index-Method for evaluation of frozen cod (*Gadus morhua*) and cod fillets.

Journal Aquatic Food Product Technology **7** (1), 45-59

WEATHERLEY, A. H.; H.S. GILL und S.C. ROGERS (1979):

Growth dynamics of muscle fibres, dryweight, and condition in relation to somatic growth rate in yearling rainbow trout (*Salmo gairdneri*).

Can. J. Zool. **57**, 2385-2392

WEDEKIND, H. (1995):

Qualität bei Süßwasserfischen und ihre Beeinflussung durch tierbedingte Faktoren.  
In: Lukowicz, M.v. (Hrsg.): Süßwasserfisch als Lebensmittel.  
Heft 62 des Deutschen Fischereiverbands e. V. Hamburg

WEDEKIND, H. (1995a):

Qualität bei Süßwasserfischen und ihre Beeinflussung durch tierbedingte Faktoren.  
Fischer & Teichwirt. **8**, 292-293

WEDEKIND, H. (1995b):

Qualität bei Süßwasserfischen und ihre Beeinflussung durch tierbedingte Faktoren.  
Vortrag anlässlich der öffentlichen Vortragsveranstaltung des Wissenschaftlichen  
Beirats des Deutschen Fischereiverbandes am 13.09.1995 in Bautzen.

WEDEKIND, H. (1995c):

Qualitätssicherung bei Süßwasserfischen.  
Binnenfischerei in Mecklenburg-Vorpommern Hrsg.: LMS Landwirtschaftsberatung  
Mecklenburg-Vorpommern GmbH, **2**, 67-77

WEDEKIND, H. (1999):

Fisch als Produkt der Binnenfischerei und seine Bedeutung als qualitativ  
hochwertiges Lebensmittel.  
In: Parzyk, R. / Wedekind, H. (Hrsg.): Tagungsband zum 3. Landesfischereitag des  
Landesfischereiverbandes Sachsen-Anhalt e.V. am 27. März 1999 in Lutherstadt-  
Wittenberg.

WEINZIERL, W. (1996):

Vergleichende Untersuchungen zur manuellen Tötung, Elektrobetäubung und  
Kohlendioxid-Betäubung bei Karpfen, Aal und Forelle im Hinblick auf  
Fischfleischqualität und Tierschutz.  
München, Ludwig-Maximilian-Universität München, Veterinärmediz. Fakultät, Diss.

WISSAMTH, P. (1983):

Die Haltbarkeit folienverpackter, geräucherter Forellenprodukte.  
Fischer und Teichwirt **34**, 354-355

WITTFOGEL, H., und H.C. SCHLEGEL (1965):

Brauchbarkeit des Intellectron Fisch-Testers V bei der täglichen Qualitätskontrolle und Klassifizierung von Seefischanlandungen.

Z. Lebensmittel-Unters. Forsch. **127**, 85-92

ZORN, W. (1992):

Methoden zur Überwachung der Qualität und Haltbarkeit geräucherter, vakuumverpackter Forellenfilets.

Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Diss.

## 9 Anhang

### Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Weltweite Produktion von <i>Oncorhynchus mykiss</i> in Aquakultur (FAO, 2008).....	4
Abb. 2:	Zusammenwirken verschiedener Teilfaktoren bei der Ausbildung von „Aroma“ und „Flavour“ (ROTHER, 1978/JELLINEK, 1981).....	7
Abb. 3:	Bewertungsschema für die Sensorische Profilprüfung (SPP) zur Bestimmung des Frischegrades von gegarten Forellen.....	45
Abb. 4:	Saisonale Mittelwerte des Qualitätsindex von $QI_{\text{modifiziert}}$ und $QI_{\text{original}}$ .....	58
Abb. 5:	Saisonaler Verlauf des Qualitätsindex ( $QI_{\text{original}}$ ) über die Lagerungsperiode...	60
Abb. 6:	Saisonaler Verlauf des Qualitätsindex ( $QI_{\text{modifiziert}}$ ) über die Lagerungsperiode	60
Abb. 7:	Qualitätsindex-Verlauf des $QI_{\text{modifiziert}}$ und $QI_{\text{original}}$ über die Lagerungsperiode.	62
Abb. 8:	Saisonale Mittelwerte der Textur aus der Sensorischen Profilprüfung.....	66
Abb. 9:	Saisonale Mittelwerte des Geschmacks aus der Sensorischen Profilprüfung.	66
Abb. 10:	Saisonale Sensorik-Total-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode.....	67
Abb. 11:	Saisonale Textur-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode.....	68
Abb. 12:	Saisonale Geruchs-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode.....	68
Abb. 13:	Saisonale Geschmacks-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung über die Lagerungsperiode.....	69
Abb. 14:	Verteilung der Sensorik-Total-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts).....	72
Abb. 15:	Verteilung der Textur-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts).....	73
Abb. 16:	Verteilung der Geruch-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts).....	74
Abb. 17:	Verteilung der Geschmack-Werte aus der Sensorischen Profilprüfung nach Mittelwert-Split (Werte unter- u. oberhalb des Mittelwerts).....	75
Abb. 18:	Total-Index aus der Sensorischen Profilprüfung im Lagerungsverlauf.....	77
Abb. 19:	Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Lagerungsverlauf.....	82
Abb. 20:	Fischtester-Werte im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten).....	89
Abb. 21:	pH-Wert im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten).....	91

---

Abb. 22: Kochwasserverlust im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten).....	92
Abb. 23: Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Verlauf der Lagerungsperiode (zu allen Jahreszeiten).....	93
Abb. 24: Qualitätsindex-Verlauf des $QI_{\text{modifiziert}}$ und $QI_{\text{original}}$ über die Lagerungsperiode.	94
Abb. 25: Saisonale Werte des Items „Geschmack frisch“ aus der Sensorischen Profilprüfung im Verlauf der Lagerungsperiode.....	95

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Äußere und innere Qualitätskriterien bei Süßwasserfischen (WEDEKIND, 1995c).....	8
Tab. 2:	Beurteilungsbogen zur Erfassung der Qualitätsminderung (demerit point scoring system), (BREMNER, 1985).....	28
Tab. 3:	EU-Qualitätsklassifizierungsschema für Magerfische nach Verordnung (EG) Nr.2406/96.....	30
Tab. 4:	Angewendete QI-Schemata für bestimmte Fischarten und Fischprodukte unter Angabe der Publikation.....	34
Tab. 5:	Gehalte an Inhaltsstoffen des Futtermittels (nach Angaben des Herstellers auf der Verpackung).....	39
Tab. 6:	Zusatzstoffe pro kg Mischfutter (nach Angaben des Herstellers auf der Verpackung).....	39
Tab. 7:	Temperatur und pH-Wert des Wassers in Erdteichen und Halterungsbecken.....	39
Tab. 8:	Modifiziertes Qualitäts-Index-Schema für kleine (ca. 400 – 700 g) gefarmte Forellen ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	43
Tab. 9:	Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Textur der Sensorischen Profilprüfung.....	53
Tab. 10:	Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Geruch der Sensorischen Profilprüfung.....	53
Tab. 11:	Hauptkomponentenmatrix der Principal Components Analysis für die Subdimension Geschmack der Sensorischen Profilprüfung.....	53
Tab. 12:	Deskriptive Statistiken der saisonalen Fischgewichte.....	55
Tab. 13:	Pearson-Korrelationen zwischen dem Fischgewicht am Lagerungstag (=Messtag) und den Indices der Sensorischen Profilprüfung.....	55
Tab. 14:	Faktoren, Faktorstufen und Stichprobengrößen der zweifaktoriellen Varianzanalyse des Qualitätsindex.....	56
Tab. 15:	Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse des Qualitätsindex mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer.....	57
Tab. 16:	Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex beim Faktor Saison.....	57
Tab. 17:	Multiple Gruppenvergleiche für den Effekt des Saisonfaktors auf den Qualitätsindex mittels der statistischen Testverfahren LSD und Bonferroni.....	59
Tab. 18:	Faktoren, Faktorstufen und Stichprobengrößen der zweifaktoriellen Varianzanalyse der Indices der Sensorischen Profilprüfung.....	64
Tab. 19:	Ergebnisse der zweifaktoriellen Kovarianzanalyse der Indices der Sensorischen Profilprüfung mit den Faktoren Saison und Lagerungsdauer.....	64

Tab. 20:	Deskriptive Statistiken der Indices der Sensorischen Profilprüfung bei dem Faktor Saison.....	65
Tab. 21:	Gesamtmittelwert der Subdimensionen der Sensorischen Profilprüfung.....	71
Tab. 22:	Pearson-Interkorrelationen der Dimensionen aus der Sensorischen Profilprüfung.....	78
Tab. 23:	Pearson-Korrelationen zwischen Qualitätsindex und Indices der Sensorischen Profilprüfung.....	78
Tab. 24:	Pearson-Korrelationen zwischen QI und Lagerungszeit (generell und jahreszeitspezifisch).....	79
Tab. 25:	Pearson-Korrelationen zwischen Indices der Sensorischen Profilprüfung und Lagerungszeit (generell und jahreszeitspezifisch).....	79
Tab. 26:	Pearson-Korrelationen zwischen den physiko-chemischen Parametern einerseits und den sensorischen Parametern sowie dem Lagerungszeitverlauf andererseits.....	81
Tab. 27:	Pearson-Korrelationen zwischen Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und den sensorischen sowie physikochemischen Parametern.....	83
Tab. 28:	Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von $QI_{\text{modifiziert}}$ und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf.....	84
Tab. 29:	Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von $QI_{\text{modifiziert}}$ und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf.....	84
Tab. 30:	Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von $QI_{\text{modifiziert}}$ , Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf.....	85
Tab. 31:	Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von $QI_{\text{modifiziert}}$ , Item 'Geschmack frisch' aus der Sensorischen Profilprüfung und Fishtesterscore am Lagerungstag auf den Lagerungszeitverlauf.....	85
Tab. 32:	Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf die Fischfrische (QI+SPP).....	86
Tab. 33:	Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf die Fischfrische (QI+SPP).....	87
Tab. 34:	Multiple Korrelation und Modell-Test der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf den $QI_{\text{modifiziert}}$ .....	87
Tab. 35:	Regressionsgewichte mit Signifikanzprüfung der multiplen Regression von den physiko-chemischen Parametern auf den $QI_{\text{modifiziert}}$ .....	87

Tab. 36:	Deskriptive Statistiken der Fischtaster-Werte im Verlauf der Lagerungszeit.....	89
Tab. 37:	Deskriptive Statistiken der pH-Werte im Verlauf der Lagerungstage.....	90
Tab. 38:	Deskriptive Statistiken des Kochwasserverlusts im Verlauf der Lagerungstage.....	92
Tab. 39:	Mittlerer Verfallstag der Verkehrsfähigkeit zu den einzelnen Jahreszeiten.....	94
Tab. 40:	Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Saison und Lagerungstag sowie der abhängigen Variable „Prozentsatz nicht verkehrsfähiger Fische“.....	96
Tab. 41:	Deskriptive Statistiken des Prozentsatzes nicht verkehrsfähiger Fische bei den Jahreszeiten.....	96
Tab. 42:	Pearson-Korrelationen zwischen Fischgewicht und dem Anteil nicht verkehrsfähiger Fische.....	97
Tab. 43:	Test auf Normalverteilung der kontinuierlichen Parameter der Studie (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest).....	146
Tab. 44:	Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex in Originalfassung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungsdauer).....	147
Tab. 45:	Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex in Neufassung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungsdauer).....	148
Tab. 46:	Deskriptive Statistiken des Gesamtindex der Sensorischen Profilprüfung „Sensorik total“ für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungstag).....	149
Tab. 47:	Deskriptive Statistiken des Index „Textur“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungstag).....	150
Tab. 48:	Deskriptive Statistiken des Index „Geruch“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungstag).....	151
Tab. 49:	Deskriptive Statistiken des Index „Geschmack“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison * Lagerungstag).....	152



**Tab. 43:** Test auf Normalverteilung der kontinuierlichen Parameter der Studie (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest):

Parameter	Kolmogorov-Smirnov-Z	Signifikanz
QI modifiziert	,671	,759
QI original	,617	,841
Textur fest	,759	,612
Textur elastisch	,914	,373
Textur faserig	,566	,905
Textur saftig	,669	,762
Textur krümelig	,662	,774
Textur breiig/mehlig	1,024	,245
Geruch Süßwasserfisch	,558	,915
Geruch Kartoffeln/Milch	,517	,952
Geruch modrig	1,087	,188
Geruch stechend	1,166	,132
Geschmack frisch	,670	,760
Geschmack aromatisch	,613	,846
Geschmack rein	,719	,680
Geschmack süßlich	,775	,585
Geschmack modrig	,997	,273
Geschmack abweichend	1,168	,130
Fischtesterwert Schlachttag	1,365	,048*
Fischtesterwert Lagerungstag	,600	,865
pH-Wert je Untersuchungstag	,750	,627
Kochwasserverlust je Filet (g)	,813	,524
Kochwasserverlust (%)	,823	,508
Gewicht Schlachttag	1,480	,025*
Gewicht Lagerungstag	1,604	,012*
Filetgewicht	1,022	,247
Fischfrische (Gesamtindex aus QImodifiziert u. SPP)	,800	,524
Fischfrische (Gesamtindex aus QIoriginal u. SPP)	,813	,492
Fischfrische (Gesamtindex aus QImodifiziert u. QIoriginal u. SPP)	,823	,508
Haltbarkeit (% nicht verkehrsfähiger Fische)	,670	,760
Verfallstag (Tag des Überschreitens der Haltbarkeitsgrenze)	,883	,417

\* signifikant ( $p \leq 0.05$ )

3 von 31 Parametern (9,7 %) sind nicht normalverteilt.

N bei den QI-Variablen = 340 N bei den SPP-Variablen = 188

N bei den anderen Variablen = 360 bis 400

Tab. 44: Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex in Originalfassung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison \* Lagerungsdauer)

Saison	Tag	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Herbst	0	,088	,135	-,178	,353
	2	2,138	,135	1,872	2,403
	4	4,489	,135	4,223	4,754
	7	6,271	,135	6,006	6,537
	9	7,629	,135	7,363	7,894
	11	8,943	,135	8,677	9,208
	14	10,917	,135	10,651	11,182
	16	12,314	,135	12,049	12,580
Winter	0	,329	,135	,063	,594
	2	1,986	,135	1,720	2,251
	4	4,480	,135	4,214	4,746
	7	6,071	,135	5,806	6,337
	9	7,029	,135	6,763	7,294
	11	7,667	,135	7,401	7,932
	14	10,783	,135	10,518	11,049
	16	12,343	,135	12,077	12,608
Frühjahr	0	,071	,135	-,194	,337
	2	1,960	,135	1,694	2,226
	4	4,757	,135	4,492	5,023
	7	6,400	,135	6,134	6,666
	9	8,100	,135	7,834	8,366
	11	9,575	,135	9,309	9,841
	14	10,400	,135	10,134	10,666
	16	11,933	,135	11,668	12,199
Sommer	0	,000	,135	-,266	,266
	2	2,250	,135	1,984	2,516
	4	4,083	,135	3,818	4,349
	7	6,383	,135	6,118	6,649
	9	7,243	,135	6,977	7,508
	11	8,543	,135	8,277	8,808
	14	10,267	,135	10,001	10,532
	16	11,200	,135	10,934	11,466
	18	12,600	,135	12,334	12,866
	21	12,433	,135	12,168	12,699

**Tab. 45:** Deskriptive Statistiken des Qualitätsindex in Neufassung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison \* Lagerungsdauer)

Saison	Tag	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Herbst	0	,088	,134	-,177	,352
	2	2,138	,134	1,873	2,402
	4	4,478	,134	4,214	4,742
	7	6,329	,134	6,064	6,593
	9	7,629	,134	7,364	7,893
	11	9,143	,134	8,879	9,407
	14	11,383	,134	11,119	11,648
	16	12,429	,134	12,164	12,693
Winter	0	,329	,134	,064	,593
	2	1,986	,134	1,722	2,250
	4	4,480	,134	4,216	4,744
	7	6,071	,134	5,807	6,336
	9	7,029	,134	6,764	7,293
	11	7,683	,134	7,419	7,948
	14	11,067	,134	10,802	11,331
	16	12,357	,134	12,093	12,621
Frühjahr	0	,071	,134	-,193	,336
	2	1,940	,134	1,676	2,204
	4	4,757	,134	4,493	5,021
	7	6,378	,134	6,114	6,642
	9	8,120	,134	7,856	8,384
	11	9,588	,134	9,323	9,852
	14	11,214	,134	10,950	11,478
	16	12,333	,134	12,069	12,598
Sommer	0	3,55E-015	,134	-,264	,264
	2	2,213	,134	1,948	2,477
	4	4,083	,134	3,819	4,348
	7	6,450	,134	6,186	6,714
	9	7,243	,134	6,979	7,507
	11	9,000	,134	8,736	9,264
	14	11,817	,134	11,552	12,081
	16	12,667	,134	12,402	12,931
	18	13,900	,134	13,636	14,164
	21	14,000	,134	13,736	14,264

**Tab. 46:** Deskriptive Statistiken des Gesamtindex der Sensorischen Profilprüfung „Sensorik total“ für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag  
(Interaktion Saison \* Lagerungstag)

Saison	Tag	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Herbst	2	82,488	1,930	78,677	86,299
	4	78,108	1,819	74,514	81,701
	7	75,594	2,063	71,519	79,668
	9	66,036	2,063	61,961	70,110
	11	51,355	1,930	47,544	55,167
	14	46,005	2,228	41,604	50,406
	16	43,076	2,063	39,002	47,150
Winter	2	76,585	2,063	72,511	80,659
	4	78,800	2,441	73,979	83,621
	7	68,906	2,063	64,832	72,981
	9	63,276	2,228	58,875	67,677
	11	62,113	2,441	57,292	66,933
	14	56,802	2,228	52,401	61,203
	16	43,589	2,063	39,515	47,664
Frühjahr	2	80,881	2,441	76,060	85,702
	4	75,821	2,063	71,747	79,896
	7	68,319	1,819	64,726	71,913
	9	65,481	2,441	60,660	70,302
	11	57,988	1,930	54,177	61,799
	14	55,424	2,063	51,350	59,498
	16	48,625	2,228	44,224	53,026
Sommer	2	79,961	1,930	76,150	83,772
	4	80,557	2,228	76,157	84,958
	7	73,795	2,063	69,720	77,869
	9	71,438	2,063	67,363	75,512
	11	64,578	2,228	60,177	68,979
	14	63,104	2,228	58,703	67,505
	16	50,625	2,228	46,224	55,026

Tab. 47: Deskriptive Statistiken des Index „Textur“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison \* Lagerungstag)

Saison	Tag	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Herbst	2	83,344	3,224	76,977	89,710
	4	76,435	3,039	70,433	82,438
	7	74,583	3,446	67,777	81,390
	9	59,595	3,446	52,789	66,401
	11	46,448	3,224	40,081	52,815
	14	43,333	3,723	35,982	50,685
	16	41,393	3,446	34,587	48,199
Winter	2	76,655	3,446	69,849	83,461
	4	78,283	4,078	70,230	86,337
	7	70,250	3,446	63,444	77,056
	9	62,583	3,723	55,232	69,935
	11	62,217	4,078	54,163	70,270
	14	56,264	3,723	48,912	63,615
	16	52,262	3,446	45,456	59,068
Frühjahr	2	80,600	4,078	72,547	88,653
	4	74,607	3,446	67,801	81,413
	7	64,806	3,039	58,803	70,808
	9	71,933	4,078	63,880	79,987
	11	59,646	3,224	53,279	66,012
	14	58,155	3,446	51,349	64,961
	16	50,097	3,723	42,746	57,449
Sommer	2	82,885	3,224	76,519	89,252
	4	84,069	3,723	76,718	91,421
	7	75,226	3,446	68,420	82,032
	9	72,583	3,446	65,777	79,390
	11	65,778	3,723	58,426	73,129
	14	62,542	3,723	55,190	69,893
	16	53,597	3,723	46,246	60,949

Tab. 48: Deskriptive Statistiken des Index „Geruch“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison \* Lagerungstag)

Saison	Tag	Mittelwert	Standard- fehler	95%- Konfidenzintervall	
				Unter- grenze	Ober- grenze
Herbst	2	81,203	2,226	76,808	85,599
	4	81,153	2,098	77,009	85,297
	7	77,625	2,379	72,926	82,324
	9	73,946	2,379	69,247	78,645
	11	62,625	2,226	58,230	67,020
	14	60,333	2,570	55,258	65,409
	16	53,964	2,379	49,265	58,663
Winter	2	76,839	2,379	72,140	81,538
	4	77,950	2,815	72,390	83,510
	7	70,411	2,379	65,712	75,110
	9	69,208	2,570	64,133	74,284
	11	69,700	2,815	64,140	75,260
	14	65,583	2,570	60,508	70,659
	16	50,750	2,379	46,051	55,449
Frühjahr	2	81,650	2,815	76,090	87,210
	4	76,393	2,379	71,694	81,092
	7	72,306	2,098	68,161	76,450
	9	69,700	2,815	64,140	75,260
	11	62,484	2,226	58,089	66,880
	14	60,232	2,379	55,533	64,931
	16	60,188	2,570	55,112	65,263
Sommer	2	73,500	2,226	69,105	77,895
	4	73,771	2,570	68,695	78,846
	7	71,893	2,379	67,194	76,592
	9	71,089	2,379	66,390	75,788
	11	67,375	2,570	62,300	72,450
	14	67,896	2,570	62,820	72,971
	16	60,417	2,570	55,341	65,492

**Tab. 49:** Deskriptive Statistiken des Index „Geschmack“ der Sensorischen Profilprüfung für die kombinierten Faktoren Saison und Lagerungstag (Interaktion Saison \* Lagerungstag)

Saison	Tag	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Herbst	2	82,490	2,163	78,218	86,761
	4	77,750	2,039	73,723	81,777
	7	75,250	2,312	70,684	79,816
	9	67,202	2,312	62,636	71,769
	11	48,750	2,163	44,479	53,021
	14	39,125	2,497	34,193	44,057
	16	37,500	2,312	32,934	42,066
Winter	2	76,345	2,312	71,779	80,911
	4	79,883	2,736	74,481	85,286
	7	66,560	2,312	61,993	71,126
	9	60,014	2,497	55,082	64,946
	11	56,950	2,736	51,547	62,353
	14	51,486	2,497	46,554	56,418
	16	30,143	2,312	25,577	34,709
Frühjahr	2	80,650	2,736	75,247	86,053
	4	76,655	2,312	72,089	81,221
	7	69,176	2,039	65,149	73,203
	9	56,217	2,736	50,814	61,619
	11	53,333	2,163	49,062	57,605
	14	49,488	2,312	44,922	54,054
	16	39,444	2,497	34,512	44,376
Sommer	2	81,344	2,163	77,073	85,615
	4	81,569	2,497	76,637	86,501
	7	73,631	2,312	69,065	78,197
	9	70,524	2,312	65,958	75,090
	11	61,514	2,497	56,582	66,446
	14	60,472	2,497	55,540	65,404
	16	41,125	2,497	36,193	46,057

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. G. Hildebrandt danke ich sehr für die Annahme der Dissertation und die konstruktive Kritik bei der Durchsicht des Manuskripts.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Oehlenschläger für die Überlassung des Themas und die fachliche Betreuung der Arbeit.

Aufrichtig möchte ich Frau Dr. G. Hyldig danken für die Bereitstellung des von ihr entwickelten Qualitäts-Index-Schemas für Forellen.

Ich danke dem Sensorikpanel für die Hilfe und die Ausdauer bei den Sitzungen sowie Herrn H.-J. Knaak und Herrn S. Blechner für ihre Unterstützung bei der Probenbeschaffung und der Versuchsdurchführung.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn G. Reese, Fischzuchtanlage Reese, für die freundliche Überlassung des Untersuchungsmaterials für die Lagerversuche.

Eine große Hilfe war mir Frau Ingrid Tönges bei der Beschaffung benötigter Fachliteratur. Auch für das Korrekturlesen möchte ich ihr danken.

Herzlich danke ich Frau Verena Pleiger, die mir während dieser Arbeit als gute Freundin stets zur Seite stand.



## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit angefertigt habe.

Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Bochum, den 25.07.2008