universität wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Bestimmung des Fettsäuremusters von Lachsartigen (Salmoniden)

verfasst von

Suzy AWAD BSC.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Sep.2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt	A439
Studienrichtung lt. Studienblatt	Diplomstudium Zoologie
Betreuer:	Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Eberhard Lorbeer

Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herr A o. Univ. Prof. Dr. Eberhard Lorbeer für die Überlassung des interessanten Themas herzlich danken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Gerlinde Benesch für ihre Unterstützung bei den gaschromatographischen Analysen

Vor allem möchte ich mich bei meinem Mann, Herrn Dr. Dipl. Ing. Esmat Wahba für die moralische Unterstützung für die Erstellung dieser Arbeit herzlich bedanken.

Die wichtigste gezüchtete Lachsarten in Österreich Quelle Web Wikipedia

atlantischer Lachs (Salmo salar)

Bachsaibling (Salmo trutta)

Seesaibling (Salvelinus alpinus)

Bachforellen(Salvelinus fontinals)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

1.1. Lachs, wirtschaftliche Bedeutung 1

1.2 Historische Überblick 1

1.3 Lachs – Nahrungsmittel oder Delikatesse 2

1.4 Lachzucht in Österreich 5

2. Problemstellung 6

3. Allgemeiner Teil 7

3.1. Der Lachs - Klassifikation 7

3.1.1.Systematik (Einleitung): 7

3.1.1.1 Unterstamm Vertebraten, Graniota, Wirbeltiere 8

3.1.1.2 Entwicklungsstadien 11

3.1.1.3 Salmoniden im Teichwirtschaft 14

3.1.2 Fischzucht 16

3.1.2.1 Bedeutung der Setzlinge für die Fischzucht 16

3.1.2.2 Laichfische 16

3.1.2.3 Künstliche Befruchtung (Hypophysierung) 17

3.1.2.4 Vorstrecken im Bruthaus 17

3.1.3 Fische der Forellenteichwirtschaft. 18

3.1.3.1 Regenbogenforelle (Oncorhynchus mykiss) 18

3.1.3.2 Bachforelle (Salmo trutta) 19

3.1.3.3 Seesaibling (Salvelinus alpinus 19

3.1.3.4 Bachsaibling (Salvelinus fontinalis) 20

3.1.3.5 Atlantischer Lachs (Salmo salar) 20

3.1.4 Lachszucht und Futtermittel 21

3.1.5 Fischkrankheiten 25

3.2. Lipid Bau ,Struktur und Bedeutung 29

3.2.1 Definitionen von Lipiden 29

3.2.1.1 Einteilung der Lipide 29

3.2.1.2 Bedeutung die Lipide 30

3.2.2 Fettsäuren und Ernährung 31

3.2.2.1 Geschichte 31

3.2.2.2 Begriffsdefinition 32

3.2.2.3 Bedeutungen der Fettsäuren 32

3.2.2.4 Einteilungen der Fettsäuren 34

3.2.2.5 Zur Nomenklatur von Fettsäure 36

3.2.2.6 Essenzielle Fettsäuren 37

3.2.3 Omega-3- Fettsäure Struktur und Bedeutung 38

3.2.3.1 Die chemische Zusammensetzung von Fetten 42

3.2.3.2 Nahrungsfette und- Fettsäuren 43

3.2.3.3 Fettsäurezusammensetzung von Fischen 46

3.2.4 Fischqualität und ernährungsphysiologische Aspekte 49

3.2.4.1 Fettbedarf und Metabolismus 50

3.2.4.2 Physiologische Bedeutung von Fischöl 53

3.2.5 Analyse von Fettsäuren 57

4. Material und Methode 59

5. Resultate 64

5.1. Ölausbeute 64

5.2 Gaschromatographische Analysen 65

5.3 Vergleich der Fettsäuremuster 67

6. Literaturverzeichnis 74

Zusammenfassung 85

Summary 86

Lebenslauf 87

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Zusammenfassende Darstellung der Fettsäureeinteilung (modifiziert nach [98]) 37

Abbildung 2: Untersuchte Fische 59

Abbildung 3: Eismeersaibling 59

Abbildung 4: Atlantischer Lachs 60

Abbildung 5: Atlantik Lachs klein 60

Abbildung 6: Positionen des entnommen Probenmaterial am Fischkörpers. .. 60

Abbildung 7: Gaschromatogramm eines umgeesterten Lachsöls auf umpolarer Säule 65

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Übersicht der häufigsten Fettsäure in den Fischfetten (SCHUBERT, 1969; LEHNINGER et al. [124] , 1982; WOLFRAM, 1989) 45

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung (in % der Frischmasse) von Regenbogenforellen nach Verabreichung von Futter mit 4 bzw. 15% Fett über 140 Tage (nach STEFFENS und ALBRECHT 1973) . [135] 49

Tabelle 3: Quantitative Fettsäureverteilung von allen untersuchten Proben... 66

Tabelle 4: Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Atlantischen Lachs..... 67

Tabelle 5:Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Eismeersaibling..... 67

Tabelle 6: Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Atlantischen Lachs klein 68

Tabelle 7: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Schwanz) 69

Tabelle 8: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Bauch hinten)..... 70

Tabelle 9. Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Innereien)..... 70

Tabelle 10: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Nacken)..... 71

Tabelle 11: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Bauch)..... 71

1. Einleitung

1.1. Lachs, wirtschaftliche Bedeutung

Im NO- Atlantik, besonders der Nordsee, wurden 1966 13 Millionen Tonnen. Fische gefangen, hauptsächlich Dorsche (Gadidae), Heringe (Clupeidea) und Schollen (Pleuronectidea). Die Erschöpfung der Heringsbestände, die Jahrhunderte lang Wirtschaft und Kultur in Großbritannien, Dänemark, Schweden und Norwegen erheblich beeinflussten, führt zu einem Verbot der schweren Fischerei. [1] [2]

Atlantische wie Pazifische Lachse werden in Norwegen, Schottland, USA, der USSR, Kanada und Japan planmäßig in Fischfarmen gezüchtet und meist im 2.Lebensjahr mit 2-3 kg Gewicht, aus im Meer verankerten Käfigen geerntet. Die günstigsten Ergebnisse lieferte der Silberlachs (Coho Lachs), gefolgt von Chinook Salmon und der Regenbogenforelle. Das Ablaichen kann zu nahezu beliebigen Zeiten durch Hypophysierung erzwungen werden. [1] [3] [4][5]

Die Methode ist nun seit Jahrzehnten im Gebrauch. Sie wurde [6]im Jahr 1930 in Argentinien zuerst angewandt und im Jahr 1954 [7] in Brasilien weiterentwickelt. In China wurden seit 1950 Schwarz Karpfen (Mylopharyngodon pictus), Tolstolob (Aristichthys nobilis), Silber Karpfen (Hypophthalmichtys mollitrix) und Gras Karpfen(Ctenopharyngodon idellus)zum Laichen gebracht. Oft genügt es, eins bis drei Hypophysen derselben Art zu übertragen, manchmal genügen auch Hypophysen oder deren Aceton-Trockenpulver andere Species, sogar aus fremden Familien. So lassen sich Meeräschen-♀♀(Mugil) mit Lachs-und Karpfenhypophysen und verschiedenen Säugerpräparaten zum Ablaichen bringen. [1]

1.2 Historische Überblick

Früher kam der Lachs in den Küstengewässern von Weiß Meer im Nordteil Russlands, Ost- und Nordsee bis in den Atlantik vor Portugal häufig vor. Heute kommt er nur noch im Atlantik und Pazifik, vor der Küste Kanadas und

den USA, in nennenswerten Mengen vor. [8] Je nach Alters- und Entwicklungs-Stufe der Tiere ist das Futter in der Zusammensetzung den entsprechenden Anforderungen angepasst. Teilweise wird über das Futter auch das Wachstum der Lachse beeinflusst. In der Fischzucht ist es aus wirtschaftlichen Gründen wichtig, dass die Tiere schnell ihr Verkaufsgewicht erreichen. Meist sind Farmlachse schon nach 18 Monaten schlachtreif. Das schnelle Wachstum wirkt sich unbestritten auch auf Qualität und Geschmack aus. [9] Da das Fleisch von Farmlachs fetter und weniger fest und aromatisch ist, als das von in freier Natur lebenden Wildlachsen, hat er unter Feinschmeckern ein geringeres Ansehen. In Alaska und Kanada wurde der Bestand des Pazifischen Lachs ab etwa 1900 durch Überfischung mittels Fallen, die ganze Flüsse sperrten, sowie durch Wasserkraftanlagen stark dezimiert.[10] Ein großer Laichplatz im Pazifischen Nordwesten ist der Columbia River in Oregon und Washington. Eine Reaktion auf diese Beschränkung ist die Gründung von Lachsfarmen, die aber wiederum durch z.B. Verschmutzung des genutzten Meerwassers den Wildlachs weiter dezimieren. Norwegen ist der größte Produzent von Zuchtlachs gefolgt von Chile. Zuchtlachse konkurrieren dann mit den Wildlachsen und verdrängen diese, vor allem wandern sie aber nicht in ihre Laichgebiete, so dass sich die von ihnen durchwanderten Flüsse und die dortigen Biotope bei Ausbleiben der Lachse völlig verändern.[11] So sind etwa die Bären British Columbias auf die Lachszüge angewiesen, genauso wie die Kulturen der indianischen Küstenbewohner ohne Lachs nicht denkbar sind.

1.3 Lachs – Nahrungsmittel oder Delikatesse

Tierische Lebensmittel sind in allen Kulturkreisen als wichtige Quellen für Eiweiß, Fett und Mineralstoffe verwendet worden. [[12] [13] Fisch gilt in Allgemeinen als gesundes Nahrungsmittel. Die Nutzleistungen der meisten Fischarten folgen sowohl aus ihrer Bedeutung als energiearmes, eiweißreiches

und leicht verdauliches Nahrungsmittel als auch aus ihrer Eignung als Rohstoff für die Herstellung von Fischmehlen und –ölen. Die ernährungsphysiologische Bedeutung des Fisches gründet auf der hohen biologischen Wertigkeit seines Zelleiweißes. Durch den Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und hier vor allem die essentiellen ω-3 Fettsäuren sollte Fisch einmal in der Woche auf dem Speiseplan stehen. In Österreich ist aber dieses Ziel noch lange nicht erreicht. Die in Österreich üblicherweise gezüchteten Karpfen gelten fälschlicherweise als fett. Lachsfleisch gilt hingegen als weniger fett und wird daher vom Konsumenten eher angenommen. [14] Da der importierte Lachs aber fast nur aus Zuchtfarmen stammt, ist die Qualität mit dem Wildlachs nicht zu vergleichen. Der größte Nachteil der Lachszucht besteht darin, dass auf Grund der gedrängten Haltung in den Zuchtbetrieben die Tiere extrem anfällig auf Fischkrankheiten sind. Daher werden große Mengen an Antibiotika zum Futtermittel beigemischt. Damit das Lachsfleisch die rote Farbe auch bei Zuchtlachsen aufweist werden auch Farbstoffe den Tieren verabreicht. Auch das Fettsäuremuster der Zuchtlachse unterscheidet sich von denen der Wildlachse. Österreich besitzt zahllose Wildgewässer, in denen sich die Zucht von Lachsen anbieten würde. Der Unterschied zu den anderen Lachsfarmen wäre dass die Haltung eher „artgerecht“ wäre, da eine große Zuchtpopulation in den relativ kleinen Gewässern nicht möglich wäre. Obwohl sich unsere Alpen durch frisches klares Wasser auszeichnen, eignen sich die kalten Quellbäche kaum zur Aufzucht heimischer Speisefische. Bei hervorragender Qualität ist der Zuwachs der Fische durch die ganzjährig niedrigen Wassertemperaturen derart gering, dass eine ökonomisch vertretbare Bewirtschaftung in diesen Regionen bisher nicht möglich war. Die geringen Temperaturen der Gebirgsbäche verhindern auch ein extremes Wachstum der Zuchtfische. wie auch für den Lachs in Schottland, wird auf Fischfarmen Futtermittel verwendet, welches hauptsächlich aus Fischmehl, Fischöl besteht, Diese Zusammensetzung generiert ein qualitativ hochwertiges Produkt mit hohen Gehalt an

langkettigen n-3 mehrfach ungesättigten Fettsäuren gleich viel, oder höher als diejenigen von wild lebenden Fischen. Der hohe Gehalt von marinen Öle wie Docosahexaensäure und Eicosapentaensäure Farming Fisch spielt grosse rolle bei Ernährung der Menschen. DHA und EPA Säuren Sind ein wirksames Mittel zur reduzieren Triglyceride in der menschlichen Ernährung. DHA ist ein essentieller Vitalstoff für den Herz und wird von American Heart Association für die Gesunderhaltung des Herzens empfohlen. [15]

Es war die Idee von Herrn Peter Brauchl, der anstatt den atlantischen Lachs in heimischen Gewässern zu züchten, eine andere Art der Salmoniden wählte, nämlich den Eismeersaibling. Dieser Fisch ist an extrem tiefen Temperaturen gewöhnt und sollte daher auch in den kalten Gebirgsbächen eine für die Zucht akzeptable Gewichtszunahme aufweisen. Für Lachsfische aus dem Eismeer sind aber gerade diese Bedingungen ideal! Durch spezielle Haltungsbedingungen sollte der beste Speisefisch Europas produziert werden. Im Gegensatz zu der Zielsetzung ausländische Lachsproduzenten ging es hier nicht um Quantität sondern um Qualität. Um höchste ernährungsphysiologische und geschmackliche Qualität wie bei Wildlachsen zu erreichen, war umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeit erforderlich. Das Ergebnis war ein österreichischer „Alpenlachs“. [16]

1.4 Lachzucht in Österreich

Im Gegensatz zu anderen Zuchthaltungen müssen die in Österreich gezüchteten Lachse ständig gegen eine künstlich erzeugte Strömung schwimmen. Untersuchungen haben gezeigt, dass unter diesen Bedingungen der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ansteigt. [17]

Trotz der großen Erfolge kann aber der Fischbedarf in Österreich bei weitem nicht gedeckt werden. Dies liegt aber auch daran, dass die Größe der Eismeersaiblinge im Gegensatz zum Atlantischen Lachs geringer ist. [18] Deshalb wurde auch viel Arbeit in die Entwicklung der Züchtung von Lachsen in heimischen Gewässern investiert. In den Zuchtfarmen des Alpenlachses wird auch Wert darauf gelegt, dass das Futter für die Eismeersaiblinge möglichst vollständig aus Österreich stammt.[19] Es ergibt sich daher die Frage, ob man die Zuchtbedingungen des Atlantischen Lachs auf den Eismeersaiblings umlegen so dass jährlich Gewichtszunahme zwar geringer ist, letztlich jedoch größere Exemplare gezüchtet werden können. Der Züchtung von Alpenlachs, vor 30 Jahren in Gutenstein begonnen wurde, ist zum Exportschlager geworden. Eismeer Fisch, der als besonders gesund gilt, wird mittlerweile in 16 heimischen Betrieben gezüchtet. 350 Tonnen wurden 2005 gezüchtet. [20] Der Alpenlachs mit seinem typisch rötlichen Fleisch ist besonders in der Spitzengastronomie beliebt. Und das Interesse aus dem Ausland steigt. Der Fisch wird nicht nur nach Deutschland exportiert, mittlerweile gibt es eigene Fischzuchten mit österreichischer Lizenz auch in Deutschland und der Schweiz. Bereits jetzt übersteigt die Nachfrage das Angebot von immerhin einer Million gezüchteten Fischen im Jahr. Zwar ist der Alpenlachs im Verhältnis zum normalen Lachs teurer, doch die Nachfrage übersteigt das Angebot deutlich.

2. Problemstellung

Unter identen Zuchtbedingungen ergeben sich im Vergleich zwischen Atlantische Lachs und Eismeersaibling zwei wesentliche Fragen:

- Ist das Fettsäuremuster des Atlantischen Lachses mit dem des Eismeersaibling ident?
- Wird unter den gegebenen Fütterungsbedingungen beim Atlantischen Lachs der Anteil von ω-3 Fettsäuren während der Wachstumsphase erhöht?

Die vorliegende Arbeit soll nur als vorbereitende Untersuchung für eine längere Studie dienen. Daher wurde eine mögliche Schwankung der Fettsäure Verteilung, die bei verschiedenen Fischen der gleichen Art auftreten, nicht berücksichtigt. Wichtiger für die Analysen war die Wahl der Probennahme. Bei einer kommerziellen Vermarktung ist eine Qualitätssicherung unbedingt notwendig. Je mehr Proben untersucht werden, umso sicherer ist die Produktqualität.

Es ist aber leicht einzusehen, dass Nachdem die Fettsäurezusammensetzung im Fisch nicht homogen verteilt ist, bei einer Vermarktung des Fisches die Probenentnahme nicht an einer beliebigen Stelle erfolgt. Daher soll in dieser Untersuchung auch die optimale Position eines Probe nahm ermittelt werden.

Die Ergebnisse dienen als Grundlage für weitere Studien.

3. Allgemeiner Teil

3.1. Der Lachs - Klassifikation

3.1.1.Systematik (Einleitung):

Zwei eindeutige Entdeckungen bei der Untersuchung mit Regenbogenforellen, erfordern eine wissenschaftliche Namensänderung. Erstens hat die Regenbogenforelle wurde nachgewiesen, dass die gleiche Art wie der Kamtschatka sein Forellen. Zweitens, Studium der Osteologie und Biochemie von Forellen und Lachs zeigen, dass Regenbogen und Halsabschneider Forelle, und ihre nahen Verwandten, die goldenen, mexikanische golden, Gila und Apache Forellen, mehr eng mit Pacific Lachse (bezogen Oncorhynchus) als braune Forellen und Atlantischer Lachs (Salmo). [21] Die verschiedenen Namen, diese beiden Entdeckungen erfordlich verursacht einige in der Kommunikation, in denen die formale Einstufung verwendet wird, so präsentieren Sie Beweise für Biologen mit Begrundung für die Änderungen vertraut zu machen. Der Art Name der Regenbogenforelle wird mykiss, ein älterer latinisierter indigenen Namen der Kamtschatka Forellen. Die generische Bezeichnung der Regenbogens und Halsabschneider Forelle stellt eine subjektive Problem, mit vier Möglichkeiten: Salmo, Oncorhynchus, Rhabdofario und Parasalmo. [22] Der Saldo der der Beweis zeigt uns, dass die generischen Namen für Pacific Forellen und Lachse sollten Oncorhynchus sein. Es wurde vorgeschlagen, die Anerkennung von zwei divergenten Schwester Abstammungslinien, (1)Atlantic Forelle und Lachs, und (2)Pacific Forellen und Lachse, die Gattungen Salmo und Oncorhynchus sind. Alternative generische Klassifikation betrachtet.

gehören: (a) Vergrößern Salmo alle Atlantik und Pazifik Forellen und Lachse .Dies würde auch durch morphologische und biochemische Zeichen unterstützt werden. [23] aber scheitern würden, die Unterschiede zwischen dem Pazifik und Atlantik Gruppen betonen. (B) Verwendung eines separaten

generischen Namens. Rhabdofario für Regenbogen und Halsabschneider Forelle und ihren Landesinneren Verwandten. Dies wäre gültig, aber scheitert würden, um die Abstufung zwischen Pazifik erkennen Forellen und Lachse Pacific. (C) Weiter zum Pacific Forellen zuweisen Forellen zu dem Gattung Salmo, getrennt von Oncorhynchus. [24] Dies wäre stabil, aber auf Kosten der evolutionären Information in der Klassifizierung-Regenbogen und Halsabschneider Forellen sind im selben Zweig der Evolution als dem Pazifischen Lachs. Um diese biologischen Zusammenhänge im wiederspiegeln Klassifizierung von Forellen und Lachse wird, zu einem besseres Verständnis ihrer Lebensgeschichten und bessere Vorhersagen für ihre Verwaltung beitragen. [25]

3.1.1.1 Unterstamm Vertebraten, Graniota, Wirbeltiere

Die Vertebraten sind ein Unterstamm der Rückenmarktiere, der Chrodatiere; die anderen beiden Unterstämme werden von Manteltieren(Tunicata) und den Schädellösen (Acrania) (Lanzettfischchen, Branchiostoma lanceolatum (Pallas)) gestellt.

Gemeinsam haben die drei Unterstämme:

- Das rückenständige Zentralnerven
- system. die Rückenseite (Chorda dorsales) als Stützorgan, das bei primitiven Formen überdauert, bei höheren aber von der Wirbelsäule verdrängt wird,
- ein Darmrohr, wobei der Vorderdarm dauernd oder vorübergehend symmetrisch angeordnete Kiemenspalten aufweist. ein Blutgefäßsystem mit einem stets ventral vom Darm gelegenen Herz. Eine äußere Gliederung fehlt, während eine innere Gliederung des Baues mehr oder minder ausgeprägt ist. Das Vorderende des Nervenrohres ist bei den Wirbeltieren zum Gehirn

vergrößert, dass von der Schädelkapsel umspannt wird. Die Chorda dorsales ist von Wirbelsäule (Columna vertebralis) meist verdrängt. Die zahlreichen nephridienartigen Exkretionsorgane münden in einen rechten und linken längskanal. Die Knochenfische stellen systematisch eine eigene Klasse dar, sowie Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere. Daraus ist abzuleiten, dass es zwischen den einzelnen Fischgattungen und –arten große Unterschiede hinsichtlich Körperbau und Lebensansprüchen gibt [27]. Neben den für den Betrachter auffallenden verschiedenen Körperformen und Färbungen können auch zahlreiche morphologische und physiologische Unterschiede bestehen, denen ein gemeinsamer Grundbauplan zugrunde liegt. Zur Ordnung der Lachsartigen gehören 24 Familien mit über 500 Arten, die im Süßwasser und in den Meeren vorkommen. Am Ende des Winters erblickt der Lachs, wenn die Eier ca. 100 Tage bei einer Wassertemperatur von 4°C gereift sind, das Licht der Welt. Die Brutlinge verweilen fast sechs Wochen auf einem, mit viel Sauerstoff versorgte, Kiesbett. Nachdem ersten Sommer, sind die jungen Fische ungefähr 10-12cm lang. Im darauf folgenden Frühjahr beginnen die meisten Lachse ihre Wanderung flussabwärts und machen physiologische Veränderungen durch. Bei einem Wachstum von 2-4 kg pro Jahr sind die Tiere schnell ausgewachsen und versuchen, ausgelöst durch den Fortpflanzungstrieb, wieder in das Laichgewässer aufzusteigen, in dem sie geboren wurden. Warum Lachse sich überhaupt auf die lange und anstrengende Reise zum Ozean machen, konnte das Rätsel um die Frage, wie die Lachse nach ihrem Aufenthalt im Meer wieder in ihr Heimatgewässer zurückfinden [28] , bis heute noch nicht vollständig von Wissenschaftlern geklärt werden. Einige der Lachse, die sich fortgepflanzt haben, versuchen erneut das Meer zu erreichen, dies gelingt aber nur etwa 1-2 Prozent und nur fünf Prozent dieser überleben es bis zur nächsten Laichperiode. Wie die Fische ihren Geburtsort so zielsicher nach Tausenden von Kilometern Wanderung im Nordmeerwirbel, der gegen den Uhrzeigersinn verläuft, wieder finden, ist immer noch ein großes Rätsel. Man nimmt derzeit an, dass das Magnetfeld

und die Konstellation der Sterne dem Lachs als Orientierungshilfe dienen. Andererseits scheint der Lachs über einen ausgeprägten Geruchsinn zu verfügen mit dem er die physikalische und chemische Zusammensetzung des Meereswassers registriert. Die Junglachse müssen sich den Geruch ihres Geburtsflusses eingeprägt haben, um ihn nach ihrer Geschlechtsreife in größter Verdünnung wieder zu finden. Fische mit einem gut ausgeprägten Geruchsorgan nutzen diesen bei der Futtersuche. Im Gegensatz dazu orientieren sich andere Fische, die schneller geradeaus schwimmen können, optisch. Verstopft man ihre Nasenlöcher, finden sie ihr Futter nicht mehr, auch wenn sie in unmittelbarer Umgebung sind. Kommt es zu einer einseitigen Blockierung der Nase, kann der Fisch die Geruchsquelle nicht mehr genau orten. [29]

Die Vertebrata werden in 7 Klassen eingeteilt, nämlich:

1. Klasse Cyclostomata , Rundmäuler
2. Klasse Chondrichthyes, Knorpelfische
3. Klasse Osteichthyes , Knochenfische
4. Klasse Amphibia, Lurche
5. Klasse Reptilia, Kriechtiere
6. Klasse Aves, Vögel
7. Klasse Mammalia, Säugetiere

Klasse:	Osteichthyes, Knochenfische
Ordnung:	Lachsfische
Familie:	Lachsartige
Größe:	Länge: 55-115cm
Gewicht:	1-45kg
Nahrung:	Flohkrebse, Plankton, Dorsche, Heringe
Merkmale:	Sehr kleiner Kopf. Kleine strahlenlose Fettflosse, die sich hinter der Rückenflosse befindet. Unterschiedliche

Färbungen. Langer spindelförmiger Körper. Schlanker Schwanzstiel. [26]

3.1.1.1 Lachsarten

Lachse zählen zu den europäischen Lachsen. Sie unterschieden sich von den pazifischen Lachsen durch eine wesentlich kürzere Afterflosse. Zu den pazifischen Lachsen, die erfolgreich in Österreich gezüchtet sind, gehören:

- Regenbogenforelle (Oncorhynchus mykiss)
- Bachforelle (Salmo trutta)
- Seesaibling (Salvelinus alpinus)
- Bachsaibling (Salvelinus fontinalis)
- Atlantischer Lachs (Salmo salar)

3.1.1.2 Entwicklungsstadien

Der Lachs zählt zur Gruppe der „anadromen“ Fische, da er sein ganzes Leben im Meer verbringt und nur zum Laichen in seinen Geburtsfluss zurückkehrt[30]. Die vollständigen Lebenszyklen eines Lachses erstreckten sich auf insgesamt vier Lebenszyklus. So haben Junglachse, auch Sämlinge genannt, bis zu einer Größe von etwa 15cm dunkle Flecken und rote Punkte auf den Flanken. Die bereits im Meer lebenden, aber noch nicht geschlechtsreifen Blanklachse haben silberfarbene Flanken und runde, schwarze Flecken auf den Seiten des Kopfes. Während des Laichaufstiegs in die Flüsse haben die geschlechtsreifen Lachse eine zähe und dicke Haut, die mit roten und schwarzen Flecken besetzt ist. In dieser Zeit entwickeln sich die männlichen Lachse zu so genannten Harken Lachsen. Sie haben einen roten Bauch und einen kräftig ausgebildeten Unterkieferharken, der sich nach dem Laichen zurückbildet.

- **Lebenszyklus 1: Bewegung im Süßwasser**

Die frisch geborenen Lachse, sind vollständig an das Süßwasser angepasst. Dann machen sie ihre Migration aus in Richtung Meer. An der Mündung, wo Süß- und Salzwasser- gemischt vorkommen, durchlaufen sie eine große Veränderung in ihrem Leben als smoltification, die sie bereitet sich für das Leben im Salzwasser. Junge Lachse können bis zu mehreren Monaten in der Mündung verbringen diese Änderung. Danach sind sie an das Salzwasser angepasst, und sie können ihr Leben im Ozean beginnen, was je nach Spezies mehrere Jahre dauern kann. Der Körper des Lachses streckt sich in die Länge und die so genannte Pfarr- Form, die durch deutlich dunkelblaue Streifen an den Seiten geprägt ist, verschwindet. Die Tiere nehmen eine einheitlich silbrige Färbung an. Auch zahlreiche innere Orange, vor allem die Ausscheidungsorgane, sowie die Hormondrüsen, die die Salzkonzentration im Körper der Tiere regulieren, passen sich struktur- und funktionsmäßig an das Leben im Salzwasser an. [31]

- **Lebenszyklus 2: Leben im Salzwasser**

  Der Lachs verbringt den größten Teil seines Lebens im offenen Meer, wo er die Geschlechtsreife erreicht, und legen ihre Eier Kiesbetten am Oberlauf des (Süßwasser) Streams. Wenn die Eier ausbrüten, die jungen Lachse verbringen mehrere Monate Migration stromabwärts zum Meer, wo sie bleiben für einige 3-5 Jahre. Danach werden sie zu ihrer Geburt Flüsse oder Seen, um zu laichen zurückzukehren. Der Süßwasser-Reise zurück zu ihren Laichplätzen ist ziemlich rau. Sie sind nicht auf dieser Reise zu ernähren. Sie sind ganz auf Laichen konzentriert, nach dem sie sterben wird. Am Ende des Winters beginnt der Lebenslauf der Lachse am Laichplatz in Quellbächen, die oft tief im Gebirge liegen. [32] Die Lachse erblicken, wenn die Eier ca. 100 Tage bei einer Durchschnittswassertemperatur von 5-6°C gereift sind, das Licht der Welt. Daher richten sie sich gegen die Strömung und schwimmen schnell, um nicht von reißendem Wasser mitgerissen zu werden. Im Süßwasser bleiben

sie bis zum Frühling ihres 2.-4. Lebensjahres und machen während dieser Zeit physiologische Veränderungen durch, die für die kommende Wanderung vom Süß- zum Salzwasser und die damit verbundenen neuen Umweltbedingungen lebensnotwendig erscheinen. Der Körper des Lachses streckt sich in die Länge und die so genannte Pfarr- Form, die durch deutlich dunkelblaue Streifen an den Seiten geprägt ist, verschwindet. Die Tiere nehmen eine einheitlich silbrige Färbung an. Auch zahlreiche innere Orange, vor allem die Ausscheidungsorgane, sowie die Hormondrüsen, die die Salzkonzentration im Körper der Tiere regulieren, passen sich struktur- und funktionsmäßig an das Leben im Salzwasser an. [33]

- **Lebenszyklus 3: Wanderung zum Süßwasser**

Nach 1-3 Jahren Schlaraffenland beginnen die kräftigen und geschlechtsreifen Lachse von Juli bis September die große Wanderung zurück zum Süßwasser um zu laichen. [34] Die zuvor vermischten Arten trennen sich nun wieder und kehren erfolgreich in ihr Heimatgewässer mittels bestimmter Navigation zurück.

- **Lebenszyklus 4: Aufsteigen zum Laichgebiet**

Die bisher vorgestellten Methoden lenken den Lachs nicht genau ins Ziel. Daher nutzt er auf dem letzten Stück von der Fußmündung des Heimatflusses bis zum Laichplatz seinen hervorragend entwickelten Geruchssinn. Mit dem Aufsteigen zum Laichgebiet beginnt die vierte und letzte Phase im Leben eines Lachses.

Am Ende des Winters beginnt der Lebenslauf der Lachse am Laichplatz in Quellbächen, die oft tief im Gebirge liegen. Die Lachse erblicken, wenn die Eier ca. 100 Tage bei einer Durchschnittswassertemperatur von 5-6°C gereift sind, das Licht der Welt. Daher richten sie sich gegen die Strömung und schwimmen schnell, um nicht von reißendem Wasser mitgerissen zu werden.

Im Süßwasser bleiben sie bis zum Frühling ihres 2.-4. Lebensjahres und machen während dieser Zeit physiologische Veränderungen durch, die für die kommende Wanderung vom Süß- zum Salzwasser und die damit verbundenen neuen Umweltbedingungen lebensnotwendig erscheinen. [35]

3.1.1.3 Salmoniden im Teichwirtschaft

Der Begriff Teichwirtschaft steht für alle Formen der Vermehrung und Haltung von Süßwasserfischen unter kontrollierten Bedingungen. Sie wird im Süßwasser als Limnikultur und im Meerwasser als Marikultur bezeichnet. Hierzu zählt auch das „sea ranching“ inklusive Vermehrung, Aufzucht von Brut beziehungsweise Jungfischen und deren Aussatz in die Laichgewässer sowie Fang der nach einigen Jahren des Heranwachsens im Meer ins Süßwasser heimgekehrten geschlechtsreifen (adulten) Elterntiere. Das weltweite „sea ranching“ mit Lachsen ist hierfür ein erfolgreiches Beispiel. In Ost- und Nordsee sowie im Nordatlantik ist der Atlantische Lachs (Salmo salar) als europäischer Vertreter zu nennen. Der Lachs mit Jugendflecken wird „Parr“ mit dem Silbrigwerden „Smolt“ und im Brackwasser der Fluss Ästuarien „Post Smolt“ genannt- gesamter Umstellungsprozess Smoltifikation. Haltung von Fischen in künstlich geschaffenen, optimal eingestellten und kontrollierbaren Haltungseinheiten bei größtmöglicher Fischdichte und ausschließlicher Fütterung mit bedarfsgerechten Alleinfuttern, deren Zusammensetzung den jeweiligen Ernährungsansprüchen der Fische weitgehendste angepasst ist, der tertiären Stufe der Aquakultur . [36]

Die einheimische Teichwirtschaft repräsentiert eigenständigen fischerei-wirtschaftlichen Betriebszweig. Ihm werden die Betriebsformen Fischhaltung und Fischzucht zugerechnet. Beide Bezeichnungen fanden inzwischen Eingang in den fischereiwirtschaftlichen Gesetzgebungen der Länder und ersetzen hier die traditionell gefüllten Begriffe „Fischzucht“ und Teichwirtschaft“. Ersterer umschrieb gewöhnlich alle Formen der

Forellenzucht. Die erfolgreiche Entwicklung der Salmoniden Kultur geht auf die Erfahrungen im Elsass zurück, nachdem bereits 100 Jahre früher, weitgehend unbeachtet, die künstliche Laichgewinnung von einem Fischer in Detmold beschrieben wurde. Die Einführung der amerikanischen Regenbogenforelle (Oncorhynchus mykiss) Ende des 19 Jahrhunderts sowie die modernen Futtermittel brachten dann einen Durchbruch, so dass auch Speisefische in erheblichen Maß in der Teichwirtschaft produziert werden konnte. Weiterhin sind Salmoniden Eier lichtempfindlich, weshalb sie in abgedunkelten Räumen oder zumindest in abgedeckten Brutrinnen gehalten werden. Die eigentliche Erbrütung erfolgt entweder in so genannten Zuger gläsern mit einer Wasserführung von unten nach oben oder in Brutrinnen, wobei hier die Eier in einer einzelnen Schicht liegen. Sie müssen stets gut von allen Seiten umspült werden. Nicht befruchtete oder abgestorbene Eier sind immer wieder sorgfältig auszulesen, um nicht als Nährboden für Pilze und Bakterien zu dienen. So rechnet man bei der Regenbogenforelle mit insgesamt 300 bis 320 Tagesgraden. Bei einer Wassertemperatur von 10°C würde in diesem Fall die Bebrütungsdauer 30 bis 32 Tage betragen. Während der Erbrütung gibt es verschiedene empfindliche Phasen. So ist das frisch befruchtete Ei in den ersten drei Tagen relativ stabil und kann in dieser Phase auch versandt werden. Während der eigentlichen Organogenese ist dagegen ein Versand wegen der erhöhten Empfindlichkeit nicht möglich. [37] Nach etwa140 Tags Grade erscheinen die Augen als schwarze Punkte, das so genannte Augenpunktstadium ist erreicht. Ab diesem Zeitpunkt ist der Embryo wiederum relativ stabil. Der Schlupf selbst erfolgt dann durch Auflösen der Ei hülle mittels eines Enzyms, der Chorion äse, die von Drüsen im Kopfbereich des Embryo gebildet wird. Sa sie ihr Wirkungsoptimum um den Neutralpunkt hat, ist ein Schlupf bei saurem pH-Wert nicht mehr möglich. Erst danach beginnen sie auf zu schwimmen und zu fressen. Das Futter wird heute für alle Entwicklungsphasen industriell vorgefertigt in der jeweils notwendigen Körnung angeboten, so dass die Verwendung von Plankton oder Nassfutter

aus Milz, Blut oder Fischbrei nur für wenige Fischarten, wie Äsche oder Huchen notwendig ist. Die Fütterung selbst erfolgt entweder von Hand oder über Futterautomaten, wobei letztere sehr fein einstellbar sind und eine Versorgung der Brut rund um die Uhr gewährleisten.

3.1.2 Fischzucht

3.1.2.1Bedeutung der Setzlinge für die Fischzucht

Es wird normalerweise nur der erste Abschnitt des gesamten natürlichen Gewichtsbereichs von den Fischzüchtern genutzt, wobei der Produktionszyklus beendet wird, ehe zum Beispiel die Geschlechtsreife eintritt. Die Fische haben dann oft nicht mehr als 5 bis 10% ihres Maximalgewichts erreicht.

3.1.2.2 Laichfische

Die biologische Fortpflanzung ist an der Entwicklung der Eier zu erkennen. Während der Laichzeit sind häufig zwei unterschiedlich entwickelte Ei Typen, große und kleine Eier, zu erkennen. Die kleinen Eier bilden bei denjenigen Fischarten, die jährlich einmal ablaichen (Forellenarten, Atlantischer Lachs, Salmo salar), den Anfang der Eientwicklung für das nächste Jahr. [38]

Die Fortpflanzungszyklen werden von Umweltfaktoren, wie Licht (unter anderem bei Forellenartigen) und Wassertemperatur (unter anderem bei Lachsarten) beeinflusst. Die Laichzeit der Regenbogenforelle kann zum Beispiel mit Hilfe einer künstlichen Lichtregelung über das ganze Jahr verteilt herbeigeführt werden. Wenn zwei Jahre alter Forellenrogen von Februar bis zum Mai unter ein 6/18 Stunden Dunkel/Licht-Regime und danach einige Wochen unter ein 18/6 Stunden Dunkel/Licht-Regime gehalten wird, können sie mit gutem Erfolg im November, d.h. zwei Monate eher als normal abgestreift werden. Wenn dagegen die Fische bis zum Juni unter ein kurzes

Lichtregime gehalten werden, folgt dem Laich reife drei Monate später als normal, d.h. im April. Unter den Umständen eines fixierten kurzen Lichtregimes kann die Laichzeit sogar bis zum Juni verschoben werden. [39]

3.1.2.3Künstliche Befruchtung (Hypophysierung)

Durch die Hypophysierung werden die Eier schneller und von den Umgebungsbedingungen unabhängig zur Reifung und Ovulation gebracht. Der Einsatz von isoliertem Fisch- Säugtiere- und synthetischen Hormonen wird noch erforscht, hat aber schon befriedigende Erfolge erzielt. [40] [41] Am besten bekannt ist das Human Chorionic Gonadotropin= Menschliches Chorion gonadotropin). Die meisten der für die Fischzucht wichtigen Fischarten sind ovipar, das heißt, dass die Eier ab gelaicht werden und die Besamung außerhalb des Körpers stattfinden. Die Spermien sind vor dem Ab laichen bewegungslos, aber sobald sie ins Wasser oder in die Eierstocks Flüssigkeit gelangen, tritt eine intensive Bewegung ein, die bis zu einer oder einigen Minuten dauern kann. Die Besamung eines Eis geht derart vor sich, dass ein beweglicher Samenfaden das Ei erreicht, durch die Mikropyle eindringt und das Ei aktiviert. Ein Pfropf bildet sich in der Mikropyle und der Inhalt der an der Oberfläche des Eies liegenden Bläschen tritt in den umgebenden Raum hinein, wodurch Wasser aufgenommen und die Mikropyle geschlossen wird. Diese Aktivierung des Eies erfolgt auch, wenn das Ei mit einer Nadel angestochen wird und stellt sich langsam auch von selbst ein, wenn das Ei überreif ist oder mit Wasser in Kontakt kommt. Die Klebrigkeit einiger Ei-arten ist auf das Vorhandensein von Klebstoffen auf der Ei -oberfläche zurückführen.

3.1.2.4Vorstrecken im Bruthaus

In den letzten Jahrzehnten ist man dazu übergegangen, auch andere Fischarten als Forellen und Lachse im Bruthaus vorzustrecken. Es werden in Form und

Material verschiedene Behältnisse benützt: Gute Erfahrungen wurden mit Salmonidenbrut in Rundbecken gemacht, die mit Wasser versorgt werden, das einen pH-Wert um den Neutralpunkt, beziehungsweise im schwach sauren Bereich besitzt. Da beim Vorstrecken im Bruthaus viele kleine Fische mit relativ kleinen Mengen Wasser aufgezogen werden, ist es empfehlenswert und ökonomisch vertretbar, einzelne Faktoren zu optimieren: das Wasser wird zum Beispiel gefiltert, sterilisiert, belüftet, erwärmt oder sogar mittels einbezogener biologischer Klärung, oder einem Sandfilter zum Teil im Kreislauf geführt.[43] Das feine Forellenfutter ist dazu sehr gut geeignet. Auf diese Weise kann Karpfen- oder Graskarpfenbrut bei 23°C innerhalb von vier Wochen bis zu 0,5 bis 1,0 g schwerer Vorstreckbrut ab wachsen. Am Anfang steigt das Körpergewicht fast auf das Doppelte pro Tag an. Für diese große Leistung benötigt die kleine Brut eine gute Wasserqualität und -hygiene. Selbstverständlich soll ausreichend gefüttert werden, das heißt, die Futterzufuhr soll am Anfang etwa 400% des Körpergewichts pro Tag betragen und im Laufe von vier Wochen auf 25 bis 50 % gesenkt werden.

3.1.3 Fische der Forellenteichwirtschaft.

3.1.3.1 Regenbogenforelle (Oncorhynchus mykiss)

Seit den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts wurde die Regenbogenforelle auf alle Kontinente verteilt. Aufgrund ihrer guten Adaptation an die Teichhaltung wurden sie zu Forelle in der Zucht schlechthin.[44] Die Futterverwertung ist exzellent, mit modernen Futterentwicklungen kann sie einen Fütterungskoeffizienten um 0,9 erreichen, das heißt, dass zur Produktion eines Kilos Fisch weniger als ein Kilo Futter notwendig ist, Sie ist auch gegenüber Wärme toleranter und kann noch Temperaturen bis zu 24°C, zu mindest für kürzere Zeit, ertragen. Bis zum Speisefisch, der in Deutschland mit Ca. 300 Gramm auf den Markt kommt, ist je nach Intensität der Fütterung ein Zeitraum von 12 bis18 Monaten nötig. Ein ähnlicher Trend zu höheren

Schlachtgewichten ist in Deutschland in den letzten Jahren teilweise durch das Angebot so genannter „Lachsforellen“ zu beobachten. Die gesetzliche Basis für derartige Manipulationen in den verschiedenen europäischen Ländern ist allerdings noch nicht eindeutig geklärt. Zwar erlaubt eine europäische Richtlinie die Methode, jedoch sind keine Präparate zugelassen und registriert.

3.1.3.2 Bachforelle (Salmo trutta)

Bachforellen leben ständig in den Gebirgsregionen von Flüssen. Seeforellen laichen in Fließgewässern und wachsen in Seen heran; Meerforellen bringen einen Teil ihres Lebens im Meer zu. [45] Die Bachforelle ist die ursprüngliche europäische Forelle, welche die oberste Fließgewässerregion besiedelt. Standorttreu bevorzugt sie klare, sommerkalte Bäche mit hohem Sauerstoffgehalt und einer variablen Struktur durch Uferunterstände, Kolke und unterschiedliche Strömungsverhältnisse. Kontinental ist sie durch eine lebhafte rote Punktierung an den Flanken gekennzeichnet, während ihr auf den Britischen Inseln als “brown trout diese Punkte nicht aufweist. Die Aufzucht erfolgt analog der Regenbogenforelle, jedoch sollten hier bevorzugt Naturteiche mit einem, wenn auch geringen, Anteil an Naturnahrung verwendet werden, um die Umstellung auf das Leben im Bach zu erleichtern. Die Seeforelle kommt in den tiefenkühlen Seen des Alpenbereichs, Skandinaviens und der Britischen Inseln vor. Als Einzelgänger erreicht sie dort bis zu 20 kg Gewicht. Sie wird regional als Besatz für Seen nachgezüchtet. Die Meerforelle stellt eine anadrome Wanderform dar, deren Färbung lokal stark variieren kann. [46]

3.1.3.3 Seesaibling (Salvelinus alpinus

Der Seesaibling kommt holarktisch in oligotrophen Kaltwasserseen vor, wobei er morphologisch sehr unterschiedliche Lokalformen ausbilden kann. Die Vermehrung erfolgt wie bei der Bachforelle.

3.1.3.4 Bachsaibling (Salvelinus fontinalis)

Der Bachsaibling stammt aus Nordamerika und bewohnt dort Regionen, die mit der europäischen Forellenregion vergleichbar sind. Aufgrund seiner höheren Resistenz gegenüber der Gewässerversäuerung wird er gerne in Gewässer in diesen Gebieten besetzt.

3.1.3.5 Atlantischer Lachs (Salmo salar)

Salmon Salar, bis 1.5m lang, verbringt die meiste Zeit im Meer. Während der Laichwanderung ins Süßwasser ist er prächtig gefärbt. Es bildet Nestgrube, bis 2m Breite und 0.5m Tief, Die Eier werden mit Kies zugedeckt. Junge schlüpfen nach 70-200 Tagen und wandern innerhalb von zwei Jahren ins Meer. Als Erwachsene sterben die meisten nach der ersten Laichwanderung. [47] Streng genommen handelt es sich bei der Zucht von Lachsen nicht um eine reine Marikultur, sondern eine Nachzucht von Lachsen im Süßwasser mit anschließender Weitermast in der See. Das Laichen erfolgt in kiesreichen Flüssen und Bächen, in deren Bett sie ablaichen. Für die künstliche Aufzucht werden meist im November/Dezember entweder Wildlachse beim Aufwandern aus den Küstengewässern oder den Flüssen gefischt oder aber bereits nachgezogene aus Netzkäfigen der See verwendet.[68] Während der Süßwasserphase ist in den skandinavischen und westeuropäischen Zuchtgebieten die Versauerung der Oberflächengewässer ein Hauptproblem Besonders Brütlinge sind hier anfällig Zum Teil wird daher auf Grundwasser ausgewichen. Eine chemische Imprägnierung der Netze gegen den Algenbewuchs bringt dagegen ökologische Probleme und eine Intoxikationsgefahr für die Fische, abgesehen von der Gefahr von Rückständen in Lebensmittel, mit sich. Die Mastperiode in der See, die in der Regel mit pelletiertem Trockenfutter und nur noch ausnahmsweise mit Nassfutter gefahren wird, dauert 15 Monate bis zwei Jahre, das Endgewicht liegt bei 3-5kg.

3.1.4 Lachszucht und Futtermittel

Noch vor einigen Jahren war Lachs eine teure Delikatesse, heute kauft man ihn günstig in Discount-Märkten. Vor allem Norwegen, Schotten und Iren züchten in großen, schwimmenden Netzgehegen Millionen Lachse. Dieses Aquafarming sorgt zwar für ständigen Nachschub und günstige Preise, der Verbraucher bezahlt allerdings dennoch teuer: mit seiner Gesundheit. Vor allem in europäischen Farmen gezüchtete Fische enthalten ein Vielfaches an chlorierten Kohlenwasserstoffen wie Dioxinen, polychlorierten Biphenylen (PCB) und Hexachlorbenzen (HCB). Ursache ist das Futter aus Fischmehl und Öl, in denen schädliche Substanzen bereits angereichert sind. Dies gilt vor allem für europäische Zuchtfarmen wie in Schottland oder den Färöer- Inseln, aus denen die meisten Lachsprodukte der europäischen Supermärkte stammen. Die Wissenschaftler um Ronald Hites von der Universität von Indiana in Bloomington hatten rund 700 verschiedene Proben analysiert, darunter Lachsfilets aus europäischen und amerikanischen Supermärkten. Fisch aus europäischen Kaufhäusern enthielt die höchsten Anteile chlorierter Kohlenwasserstoffe. Die Färbung wird von der Nahrung der Lachse bestimmt. Lachse ernähren sich hauptsächlich von Krebstieren, die letztendlich für den Geschmack des Lachsfleisches ausschlaggebend sind. [48] Lachs ist sehr vitaminreich, er enthält vor allem die Vitamine D_1, B_6, B_{12}, Niacin und Folsäure sowie die Mineralien Kalium und Jod. Lachsfleisch hat einen relativ hohen Fettgehalt. Durchschnittlich enthält es 13,6% Fett. Daneben enthält das fettreiche Lachsfleisch wichtige, mehrfach ungesättigte ω-3-Fettsäuren. Sie beeinflussen die menschlichen Blutfettwerte positiv. Zuchtlachse werden mit Fischmehl gefüttert – Tiermehl ist verboten. Das Fischmehl enthält Öle und Fette, Kohlenhydrate wie Getreide und Mais, Eiweißträger wie zum Beispiel Sojaschrot, Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine. Farbstoff führt zu Sehstörungen Gerade im letzten Jahr führten neue Erkenntnisse über Canthaxanthin, den rötlichen Farbstoff im Fischfutter, zu Änderungen im

Futtermittelgesetz. Man entdeckten einen Zusammenhang zwischen der erhöhten Aufnahm der färbenden Substanz und dem Auftreten von Sehstörungen. EU-weit wurden die Grenzwerte daraufhin herabgesetzt: von bisher 80 Milligramm pro Kilogramm Futtermittel auf 25 Milligramm für Lachsfutter. Warum werden überhaupt Farbstoffe verfüttert? Der Wildlachs erhält seine rosa Färbung durch das Verspeisen von Krabben und anderen Tieren, deren Schale natürlich färbendes Karotinen enthält. Weißes Lachsfleisch wird aber vom Konsumenten nicht angenommen und daher muss ein Farbstoff zum Futter zugesetzt werden. Heute sind selbst konventionelle Lachszüchter sparsam mit dem Einsatz von Medikamenten geworden. Es ist günstiger, die Tiere frühzeitig zu impfen, als ihnen lebenslänglich Antibiotika ins Futter zu mischen. Das ist heute auch nicht mehr so einfach, denn mit Medikamenten angereicherte Futtermittel dürfen nur durch den Tierarzt verschrieben und dann verfüttert werden. Lachs, aus den Weltmeeren gefangen, könnte eigentlich als Biofisch verkauft werden, denn er bekommt natürliches Futter, hat ausreichend Platz zum Schwimmen und bekommt außerdem keine Medikamente verabreicht. Die rote Farbe des Lachsfilets stammt aus dem Verzehr von Muscheln und Schalentieren. Wildlachs wird schon seit vielen Jahren nicht mehr aus Flüssen gefangen, da unsere Gewässer zu stark verschmutzt sind. Die Lachse kommen von kleinen Becken in größere und leben mit vielen anderen gleichaltrigen auf engem Raum. Um schnelle Gewichtszunahmen zu gewährleisten, werden sie mit Fischmehl gefüttert. Während der Wildlachs sowohl im Salz- als auch im Süßwasser lebt, befinden sich die Zuchttiere in schwimmenden Netzen beispielsweise im Atlantik und somit nur im Salzwasser. Im Salzwasser nehmen Die Fische mehr an Gewicht zu als im Süßwasser. Grundsätzlich gilt für alle Futtersorten, dass man den Tieren die Brocken so groß anbieten sollte, wie sie sie gerade bewältigen können. [49] Abwechslung ist nicht nur wichtig für eine ausgeglichene Ernährung der Tiere, sie verhindert auch eine allzu starke Gewöhnung. wenn kultivierter Atlantischer Lachs in die Natur freigesetzt wird, konkurriert er mit

wild lebenden Fischen um Nahrung, Lebensraum und Paarungspartner. Während der Laichzeit ist der Wildlachs in seiner Fitness dem kultivierten Artgenossen überlegen. Vor einigen Jahrzehnten war Lachs noch eine Delikatesse und entsprechend teuer. Wildlachs gilt als gesund, da er einen geringen Anteil gesättigter Fettsäuren enthält, [53] aber dafür einen hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren, wie z.B. „ω-3-Fettsäuren“. Die besonders in den letzten Jahren stark angestiegene Nachfrage konnte schon lange nicht mehr mit gefangenem „wildem“ Lachs gedeckt werden. 98% aller weltweit angebotenen Lachsprodukte vom atlantischem Lachs (Salmo salar) stammen inzwischen von Zuchtlachs. Doch wie wird das „Wunder“ vollbracht, Lachs in gigantischen Mengen zu minimalen Preisen weltweit anzubieten? Mit der sogenannten Aquakultur werden Lachse zu hunderttausenden pro Anlage in freischwimmenden Käfigen gemästet. Wegen seiner schnellen Gewichtszunahme ist der Lachs der am meisten gezüchtete Fisch vor Europas Küsten geworden. Haupterzeugerländer von Zuchtlachs sind Norwegen, Schottland, Chile und Kanada. Aufgrund der quasi-industriellen Massentierhaltung ist Zucht-Lachs nicht nur aus ökologischen Gründen abzulehnen, sondern auch ernährungsphysiologisch bedenklich geworden. Durch die hohe Besatzdichte in den frei schwimmenden Käfigen können sich Krankheiten sehr schnell verbreiten. Daher wird folgender Chemiecocktail in das Wasser gegeben:

- Antibiotika gegen Bakterien und Viren,
- Fungizide gegen Pilz- Krankheiten,
- Pestizide gegen Fischparasiten,
- Farbstoffe damit das Lachsfleisch seine charakteristische Farbe bekommt.
- zudem werden den Junglachsen maschinell Wachstumshormone gespritzt.

Das Futtermittel aus mikrobakteriell gewonnen Proteinen enthält zwar keine Schadstoffe und erfüllt für den Lachs seinen ernährungsphysiologischen Zweck. Jedoch verliert der Lachs dadurch seinen typischen Geschmack. Daher bekommen die Lachse eine Mischung aus künstlich hergestelltem Eiweiß und zu Pellet gepresstem Fischmehl. Das Fischmehl wird durch die sogenannte „Gammel Fischerei“ gewonnen- welches zusätzlich den Druck auf wildlebende Fischbestände erhöht. Den Hauptanteil der Fischmehlproduktion verbraucht die Aquakultur, d.h. die Zucht von Fischen, Krabben und Muscheln in Becken und Netzkäfigen. Um 1 Tonne Lachsfleisch zu erhalten, müssen – Zusätzlich zu industriell hergestellten Proteinen- 3 Tonnen Fischmehl zugefüttert werden. Die Nachfrage nach Fischmehl ist durch den rasanten Boom der Aquakultur drastisch gestiegen, womit sich der sich der Trend der Überfischung der Weltmeere fortsetzt. [50] Durch die Herstellung des Fischmehls konzentrieren sich auch automatisch die Schadstoffe auf: Zuchtlachs enthält deutlich mehr Dioxine, PCB u.a. langlebige Schadstoffe, als Wildlachs. Wie Wissenschaftler Ronald Hites und Mitarbeiter im Januar 2004 im Magazin „Science“ berichteten, enthält der Lachs aus Fischfarmen bis auf wenige Ausnahmefälle mehr Umweltgifte als die Pazifikwildlachse. Zu den untersuchten Substanzen gehörten polychlorierte Biphenyle (PCB) und 13 weitere wahrscheinlich krebserregende Stoffe wie Dioxin, DDT und das Holzschutzmittel Linden. Derzeit wird übrigens mit Hochdruck an genetisch verändertem Lachs geforscht- Obwohl transgene Fische auch in den USA bisher nur vereinzelt und versuchsweise außerhalb von geschlossenen Laboratorien gezüchtet wurden, ist dennoch schon bald mit dem kommerziellen Einsatz gentechnisch veränderter Fische zu rechnen. Nach eigenen Angaben plant die amerikanische Firma A/F Protein, die rasche Markteinführung gentechnisch veränderter Lachse, Forellen und Tilapia-Buntbarschen. Diese sollen infolge einer Optimierung der jeweiligen Wachstumshormon-Gene 5 mal so schnell wachsen wie konventionelle Fische. Mit der Markteinführung von Lebensmitteln aus transgenem Lachs ist

in 2 bis 4 Jahren zu rechnen. Die Folgen der „Aquakultur“ auf angrenzende Ökosysteme Von den Zuchtstationen aus verbreiten sich die See-Läuse: sie sind die gefährlichsten Parasiten der Lachse, bereits ein von 10 Seeläusen befallener Lachs ist nicht mehr lebensfähig. Ziehen nun Wildlachse auf ihren Wanderungen an den Lachsfarmen vorbei, so bekommen sie quasi eine „Parasiten-Dusche“ ab. In Norwegen gibt es Fälle, in denen die Lachs-Laus einzelne lokale Wildlachspopulationen komplett ausgerottet hat- die dadurch frei werdenden ökologischen Nischen wurden von Zuchtlachs besetzt. Die Populationsdynamik der Wildlachse wird unvorhersehbar negativ beeinflusst: Immer wieder entkommen Zuchtlachse aus den Anlagen. In einigen Flüssen Norwegens stammt schon jeder zweite geangelte Lachs aus den Farmen. Die entkommenen Zuchtlachse sind durch den „Chemie-Cocktail“ und die Impfungen resistenter gegen natürliche Fischkrankheiten als ihre wildlebenden Verwandten. Dies hat zur Folge, dass eine Vermischung der Gene der lokalen Populationen mit den Zucht-Lachsen stattfindet. Der Genpool der Wildlachse verarmt und lokale Populationen sterben aus. Schätzungen zufolge wird- bei anhaltender Tendenz- in zehn bis zwanzig –Jahren der norwegische Wildlachs vom Zuchtlachs verdrängt sein. Exkremente der Zuchtlachse und überzähliges Futter sowie dessen Zusätze gelangen ungehindert aus den Käfigen in die umliegenden Gewässer und führen dort zu Eutrophierung und chemischen Belastungen durch die Fisch-Medikamente. In den Zuchtanlagen entstehen auch große Mengen von Abfällen. Damit wird in einzelnen Ländern sehr unterschiedlich umgegangen. In Kanada z.B. werden von den Betreibern der Zuchtanlagen unkontrollierte Mengen an Futtermittelresten, Lachs-Medikamenten und toten Fischen in die umliegenden Gewässer gekippt.

3.1.5 Fischkrankheiten

Der Einfluss der Umweltfaktoren hat bei der Entstehung von Fischkrankheiten einer wesentlich größeren Bedeutung als die vorhandenen Krankheitserreger. Wichtige Krankheitsursachen, [51] die durch das Wasser hervorgerufen

werden, sind Sauerstoffmangel, pH-Wert Schwankungen, Ammoniakausscheidung an den Kiemen, Abbauprodukte: Nitrit, Schwefelwasserstoff, Methan, Andere Krankheitsursachen, die im Zustand des Fischorganismus begründet sind, hängen von der Kondition und Konstitution der Fisches ab. Die Kondition ist eine erworbene Eigenschaft des Körpers. Sie hängt eng zusammen mit der Ernährung und den Reserven des Körpers aber auch mit einer antrainierten Fähigkeit mit Stressfaktoren umzugehen. Dagegen ist die Konstitution eine angeborene Eigenschaft von Organismen. Sie bestimmt auf genetischer Ebene die Fähigkeiten mit Stressfaktoren umzugehen. Über lange Zeit anhaltender Stress führt über die Ausschüttung der Hormone Cortison und Adrenalin/Nordadrenalin zu einer Immunsuppression, also einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern. Die Gesundheit der Kiemen steht unter anderem in enger Abhängigkeit von Wasserparametern, Ernährung und bestimmten Krankheitserregern. Erkranken die Kiemen, ist neben der Unterversorgung des Körpers mit Sauerstoff ein Stau von Stoffwechselendprodukten (Ammoniak und Kohlendioxid) die Folge. Der Körper ist auf der Ebene der Atmung und Ausscheidung erkrankt. Die Folgen für den Körper sind mit einer Lungen- und gleichzeitig bestehenden Nierenentzündung vergleichbar. Da Ammoniak en Ausscheidungsprodukt des Eiweißstoffwechsels der Fische ist, er wird ganz über die Kiemen ausgeschieden. Hohe pH-Werte erschweren die Ammoniakausscheidung über die Kiemen. Ammoniakstau führt dann zu Kiemenschwellung und -entzündung, bis hin zu Kiemennekrose. Der Fisch verliert den Appetit und zeigt Symptome eines chronischen Sauerstoffmangels durch die Behinderung der Atmung (Kiemenentzündung). Die Algenblüte führt zu starken Sauerstoff- und p H - Schwankungen, die Ammoniakgiftigkeit ist bei hohen Wassertemperaturen wesentlich höher. Niedrige Sauerstoffwerte in der Nacht führen zu Sauerstoffmangel im Fisch. Gleichzeitig verbraucht das Algenwachstum den wichtigsten Puffer, die Carbonat härte. [52] Die Folge sind extrem steigende pH-Werte am späten Nachmittag, mit der Folge einer

erhöhten Ammoniakgiftigkeit an den Kiemen. Somit sind im Sommer Kiemenschäden wesentlich häufiger als in der kalten Jahreszeit. Andere wichtige Fischerkrankungen werden durch Viren hervorgerufen. Das Herpesvirus Salomons wurde aus anadromen Regenbogenforelle ohne Krankheitssymptome isoliert. [53] Experimentell kann es aber bei Brütlingen zu Verlusten führen. Weitere onkogene Herpesviren [54] werden beim Atlantischen Lachs in Hautproliferationen beziehungsweise –tumoren diskutiert. Die Forellenseuche, hervorgerufen durch virale hämorrhagische Septikämie, ist eine akute, systemische Virusinfektion bei Salmoniden der Genera Salmo, Oncorhynchus, Salvelinus und Thymallus, sowie möglicherweise beim Pazifischen und Atlantischen Hering. [55] Eine ebenfalls sehr ansteckende System Erkrankung der Salmoniden ist die Infektiöse Pankreasnekrose (IPN). [56] Ihr Erreger gehört zu den Reo- Viren Mitte der achtziger Jahr wurden aus der Region um Bergen, Norwegen, wo die Dichte der Lachsaufzucht anlagen sehr hoch ist massenhafte Verluste an Lachssetzlingen gemeldet. Die Ursache des Massensterbens war Infektiöse Lachsanämie (ILA). [57] Auch bakterielle Infektionen können bei Lachsen in einem Maß auftreten, der den Zuchtbestand dramatisch reduziert. Die Flexibacter psychrophila – Kaltwasserkrankheit, hervorgerufen durch ein gramnegatives Bakterium, ist eine bei Salmoniden aller Spezies auftretende, mit Septikämie oder ausgedehnten Hautaffektionen einhergehende, oft verlustreiche Erkrankung.[58] Wie bei den anderen Flexibakterien [59] sind Antibiotika trotz guter Empfindlichkeit in vitro nicht für eine Krankheitsbekämpfung geeignet. Die Rotmaulseuche ist eine durch Yersinia ruckeri hervorgerufene, seuchenartige Erkrankung vorwiegend der Regenbogenforelle, aber auch anderer Salmoniden und einiger weiterer Fischspezies.[60] Die Hirta Krankheit, hervorgerufen durch Virbrio salmonicida, ist eine Erkrankung des Atlantischen Lachses in Norwegen, bei niederen Wassertemperaturen mit zum Teil sehr hohen Verlusten. Die Furunkulose stellt eine durch Aeromonas salmonicida [61] verursachte

epizootisch verlaufende Erkrankung der Salmoniden dar, die entweder lokal auf der Körperoberfläche oder generalisiert auftreten kann. Auch grampositive Bakterien können Krankheiten bei Salmoniden auslösen Renibacterium salmoninarum löst eine chronisch verlaufende bakterielle Nierenerkrankung aus, bei der es durch ständige Verluste auf relativ niedrigen Niveau, [62] insgesamt jedoch zu erheblichen wirtschaftlichen Einbrüchen kommen kann. Weltweit stellt sie die bedeutendste bakterielle Infektion bei Salmoniden dar.

3.2. Lipid Bau ,Struktur und Bedeutung

3.2.1 Definitionen von Lipiden

Lipide (von griechisch: lipos = Speck) [63] sind Nährstoffe, die bestimmte organische Funktionen erfüllen[64]. Lipide sind eine heterogene Gruppe von Substanzen, die apolar sind und sich deshalb gut in organischen Lösungsmitteln, wie Methanol, Ether, Benzol und Chloroform lösen. nicht aber in Wasser löslich. [65] Sie können dadurch leicht von Proteinen und Kohlenhydraten abgetrennt werden. Zu den Lipiden gehören auch amphiphile Substanzen, die sich sowohl in polaren und apolaren Lösungsmitteln teilweise lösen können wie z.B. die Membranlipide. Allen Lipiden ist gemeinsam, dass sie aus Acetyl-CoA-Einheiten aufgebaut sind und entweder vollständig oder zum Teil lipophil sind. [66]

3.2.1.1 Einteilung der Lipide

Der Einteilung erfolgt nach der ***Herkunft*** der Lipide (tierisch oder pflanzlich) und nach der ***Konsistenz*** (fest oder flüssig). Die Lipide sind nach ihrer strukturellen Komplexität unterteilt werden. Dabei ergeben sich **drei** Hauptgruppen, die einfachen Lipide, die zusammengesetzten (komplexen) Lipide und die unverseifbaren Lipidbestandteile: [67]

1. Einfache Lipide

Lipidart	**Besteht aus**
Neutralfette (Triacylglycerate)	Glycerine Fettsäuren
Wachse	Höhere einwertige Alkohole Fettsäuren

2. Komplexe Lipide

Lipidart	**Besteht aus**
Phospholipide	Glycerin oder Sphingosin Fettsäuren Phosphorsäure N-Basen wie Cholin
Glycolipide	Mono- oder Oligosaccharide

3. Nicht verseifbare Lipide

Lipidart	**Besteht aus**
Sterane	z. B. Cholesterin
Carotinoide	z. B. Carotin

Man kann Lipide nach folgenden Kriterien einteilen: [68]

1. Nach der Art der Fettsäuren.

2. Nach der Art des Grundgerüstes wie z.B. das Glycerin-, Isopren-, oder Sphingosingrundgerüst .

3.2.1.2 Bedeutung die Lipide

Das Fleisch von Süßwasser- und Seefischen enthält 1 bis 25% Lipide, die zum größten Teil aus Triglyceriden bestehen; der Anteil an Phospholipiden ist meist gering. [69] Während die Lipide im Fleisch von typischen

Süßwasserfischen besonders hohe Anteile an Ölsäure und Linolsäure enthalten, sind in den Lipiden der meisten Seefische hochungesättigte Fettsäuren mit 20 und 22 Kohlenstoffatomen in relativ großen Mengen verestert. Die Fettsäuremuster der Lipide aus dem Fleisch von Süßwasser-Raubfischen ähneln mehr denen der Seefische als denen der „vegetarischen" Süßwasserfische. [70]

3.2.2 Fettsäuren und Ernährung

3.2.2.1 Geschichte

Bereits 480 v. C. bemerkte Hippokrates, dass die Gesundheit des Menschen mit von seiner Nahrung beeinflusst wird. [71] Das Konzept, das Fett für Wachstum Und Entwicklung des Körpers von Mensch und Tier unentbehrlich ist, wurde bereits in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt. [72][73] Doch bis in die sechziger Jahre hinein wurden die essentiellen Fettsäuren (EFAs) nur am Rande betrachtet. Damals wurden Mangelerscheinungen an Kleinkindern, die mit Produkten auf Magermilchbasis gefüttert worden waren, untersucht, und die EFAs rückten ins Rampenlicht der Forschungslabore. [74][75] Es kristallisierte sich heraus, dass die Fettsäure im Körper durch die Nahrung beeinflusst werden können. [76] [77] Neben gesättigten Fettsäuren finden wir in der Nahrung einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Herkunft, Entstehung und biologische Wirkung unterscheidet man ω-9-, ω -6- und ω -3- Fettsäure-Familien. [78] Seit den achtziger Jahren ist es allgemein akzeptiert, dass ω -6- und ω -3-Fettsäuren eine wichtige Rolle in der menschlichen Ernährung spielen. [79]

3.2.2.2 Begriffsdefinition

Vielen Zeitgenossen verschlägt es jedoch bei Stichworten wie „gesättigte Fette“ den Appetit, denn es gilt seit Jahren als gesichertes Wissen, dass eben jene gesättigten Fettsäuren besonders gesundheitsschädlich sind. Die gesättigten Fettsäuren liefern zwar viel Energie, sind aber in Übermaßen ungesund für unseren Körper. Die Fettsäuren lagern sich in den Zellmembranen ein und verlangsamen so den Stoffwechsel. Ungesättigte Fettsäuren sollen dagegen besonders gesund sein. Man kann sich sicher vorstellen können, dass die Realität etwas komplexer ist als derart schlichte „Wahrheiten“. Es sollen hier nur die wichtigsten Begriffe wie „gesättigt“, „ungesättigt“, „trans“ und „Omega“ erläutert werden, die in der Diskussion um die gesundheitliche Bedeutung der Fette immer wieder auftauchen. Fettsäuren sind kettenförmige Moleküle, die man sich wie Raupen vorstellen kann. An ihrem „Kopf“ befindet sich die Säurekomponente, ihr „Körper“ ist die Fettkomponente. Die Körper sind unterschiedlich lang, sie bestehen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. [80] Je länger der Körper, desto schlechter löst sich die Fettsäure in Wasser und umso besser in Fett oder Alkohol.

3.2.2.3 Bedeutungen der Fettsäuren

Fettsäuren sind wichtige Gruppe mit langen Kohlenstoffketten und Variationen in Grad, Art der Verzweigung, die Anzahl der Doppelbindung und Kettenlänge. Einige von ihnen haben auch zusätzlich andere funktionelle Gruppen (Alkohol, Keton). Sie werden vor allem veresterte (Wachse, Glyceride, Phospholipide, Glycolipide, Sterolestern, Ceramiden, Polyester-, Acyl-CoA). Das ist wichtigstes Element der zellulären Lipide. Carbonssäuren kommen in vielen molekularen Formen vor. Zunächst ist daran zu erinnern, dass die Mehrheit der Monocarbonsäuren in Lipiden gefunden werden sind, einige von ihnen sind Dicarbonsäuren. [81] Sie bilden wichtige Stoffwechsel- oder Oxidationsprodukte der vorangegangen. Mehrere hundert Formen häufig identifiziert worden, aber die Zahl häufig vorkommen in den gemeinsamen

Lipiden ist viel weniger (ab 10 in Pflanzen auf etwa 20 in tierischen Geweben). Mehrere Fettsäuren, die freie oder veresterte (Methylbutyrat, Ethyloctanoat, Dodecansäure ...) sind auch Aromastoffe, die in Umwelt- oder Lebensmittel-Systeme (Flavornet gehören) sind. [82] . Die Anwesenheit von FAME in menschlichem Plasma kann auf das Vorhandensein von Lebererkrankungen in Zusammenhang stehen, und nicht auf Blut Ethanolkonzentration oder Pankreas-Dysfunktion.

Die Stoffwechselwege mit FAME Produktion bei Patienten mit eingeschränkter Leberfunktion verbunden bleiben, um identifiziert werden. Methanol ist ein Bestandteil von bestimmten alkoholischen Getränken und ist auch ein endogen gebildetes Produkt. Auf dieser Basis wurde nachgewiesen, dass Methanol kann die Synthese von Fettsäure-Methylester (FAME) in der gleichen Weise, dass Ethanol Fettsäureethylester (FAEE) Synthese fördert fördern. [83] Fettsäuren mit einfachen Bindungen sind besonders stabil und unempfindlich. Es sind die berühmt- berüchtigten gesättigten Fettsäuren, die-meist zu Unrecht- in einem denkbar schlechten Ruf stehen. Gesättigte Fettsäuren sind unempfindlich gegenüber Licht und Sauerstoff, sodass sie kaum ranzig werden (oxidieren). Zusammen mit dem Cholesterin festigen sie unsere Zellmembranen. [84] Besonders langkettige gesättigte Fettsäuren (mehr als 20 Kohlenstoffe) werden als Baustein für die Membranen unserer Gehirnzellen gebraucht. weil Fetten die Phosphorverbindungen enthalten haben erfüllen spezielle Aufgaben, vor allem in den Zellmembranen und im Gehirn. (Ulrike Gonder) "Fett!"

- Langkettige gesättigte Fettsäuren (14-18 Kohlenstoffe) sind wichtige Energielieferanten, z.B. für Herz- und Muskelzellen. [85] Urlike Gonder“Fett“
- Kurz- und mittelkettige gesättigte Fettsäuren (4-12 Kohlenstoffe) sind bewendet. Deswegen haben sie sich in der Diät von Leber- und

Darmkranken bewährt. [86] In jüngster Zeit werden sie sogar als „Schlankfette“ diskutiert, weil sie möglicherweise beim Abnehmen helfen. [87] [88]

3.2.2.4 Einteilungen der Fettsäuren

Fettsäure können, je nach Länge und Sättigungsgrad, eingeteilt werden in:

- Geradkettige,gesättigte Fettsäure:

Ihre Summenformel lautet $C_nH_{2n}O_n$. Sie sind unterteilt in kurzkettige von 8 bis 12 C-Atomen und langkettige mit mehr als 14 C-Atomen. [89] Die kurzkettigen Fettsäuren sind bei Körpertemperatur flüssig, mit zunehmendem Molekulargewicht werden die Säuren jedoch fest. [90]

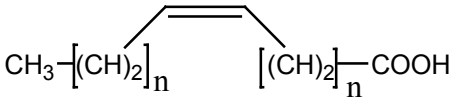
- Geradkettige, ungesättigte Fettsäure:

Es gibt einfach ungesättigte Fettsäure mit einer Doppelbindung und der Summenformel $C_n H_{2n-2}O_2$ Doppelbindungen sind besonders reaktionsfreudig und empfindlich, vor allem, wenn die Fettsäuren frei im Blut herumschwimmen und nicht in Triglyceride eingebaut sind.Reicht ein Kohlenstoff im Körper der Fettsäure-Raupe seinen Nachbarn jeweils eine Hand, Sprechen die Chemiker von eine Einfachbindung.wenn die Kohlenstoff seinem Nachbarn zwei Hände reicht, Sprechen die Chemiker von Doppelbindung. Doppelbindungen neigen dazu, sich weitere Partner zu suchen und werden daher als ungesättigt bezeichnet. Je mehr Doppelbindungen eine Fettsäure aufweist, desto ungesättigter, instabiler und empfindlicher wird sie, weil Dopppelbindungen nicht schwer, sondern leichter zu lösen, sind.

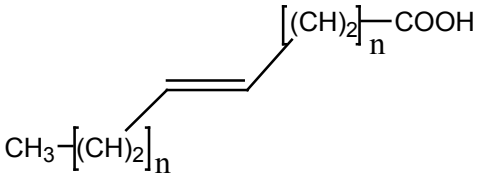
Ungesättigte Fettsäuren lassen sich weiter unterteilen in:

- einfach ungesättigte Fettsäuren mit einer Doppelbindung, z.B. Ölsäure.
- mehrfach ungesättigte Fettsäuren mit mindestens zwei Doppelbindungen, z.B. Linolsäure
- hoch ungesättigte Fettsäuren mit fünf und sechs Doppelbindungen (EPA und DHA). [91]

Bei jeder Doppelbindung gibt es zwei Möglichkeiten der räumlichen Anordnung. cis- Doppelbindungen geben den Fettsäuren einen Knick: Je mehr cis- Doppelbindungen, desto gekrümmter wird die Fettsäure. Die meisten ungesättigten Fettsäuren in unserer Nahrung und in unserem Körper liegen in dieser gekrümmten cis- Version vor. Hoch ungesättigte Fettsäuren mit fünf oder sechs derartigen Doppelbindungen bilden auf diese Weise fast einen Kreis. Die cis - Version ist- von wenigen Ausnahmen abgesehen- die Cis hat mehr Energiegehalt als trans.Da Fettsäuren als Energiespeicher dienen, wird daher in der Natur die cis-konfiguration bevorugt für den Körper, denn die Krümmung beeinflusst den gesundheitlichen Wert der Fettsäure. [92][93] Das Gleiche gilt für die Fette in unserer Nahrung: Je mehr ungesättigte, gekrümmte cis- Fettsäuren sie enthalten, desto weicher sind sie. Aufgrund der Krümmung lassen sich die Fettsäuren weniger dicht zusammendrängen. Umgekehrt gilt: Je härter ein Fett ist, desto mehr gesättigte oder Trans - Fettsäuren enthält es. Durch das Auftreten von Doppelbindungen können sich auch Stellungs isomere in cis- und trans - Konfiguration bilden (LEHNINGER et al., 1982).



cis- Konfiguration



trans- Konfiguration

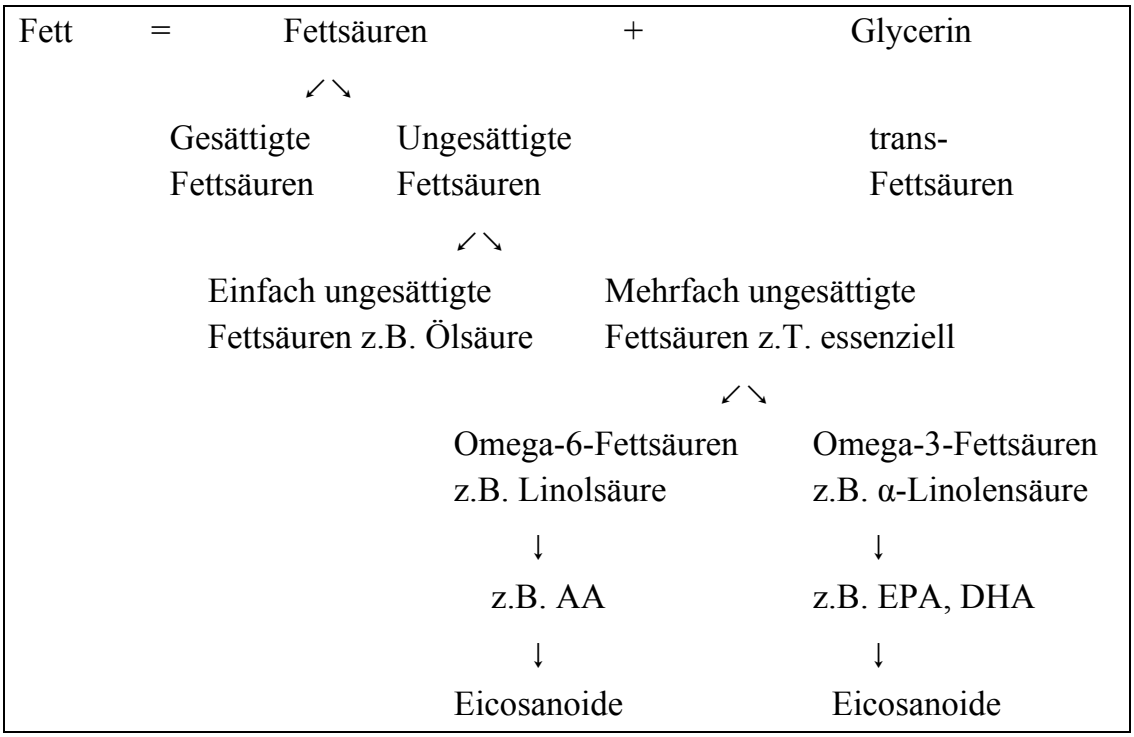
Gesättigte (und trans-) Fettsäuren wirken also festigend, ungesättigte wirken verflüssigend. Für den Anteil an gesättigten und ungesättigten Fettsäuren in einem Fett ist das Klima verantwortlich- und weniger die tierische oder pflanzliche Herkunft, wie immer wieder behauptet wird. Dort, wo es heiß ist, brauchen Pflanzen mehr härtende Fettsäuren, sonst würden ihre Zellmembranen in der sengenden Hitze zerfließen. Die Einheimischen verspeisen diese Fette seit Jahrtausenden, ohne dass sie reihenweise vom Herzinfarkt dahingerafft würden. [94][95] Den Tieren ergeht es ähnlich: Während die Fette vieler Landtiere gemäßigter Klimazonen überwiegend aus einfach ungesättigten und gesättigten Fettsäuren bestehen, würden die (wechselwarmen) Fische im kühlen Wasser steif wie die Steckerl fische , hätten sie nicht einen höheren Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in ihren Zellen. Je nördlicher ihr Lebensraum und je kälter das Wasser in dem sie schwimmen, desto größer ist der Anteil an hoch ungesättigten Fettsäuren. Deswegen werden uns Lachs empfohlen, wenn es darum geht, mehr hoch ungesättigte Fettsäuren zu verspeisen. [96]

3.2.2.5 Zur Nomenklatur von Fettsäure

Ganz allgemein werden die Fettsäuren durch die Anzahl der C-Atome charakterisiert, nach einem Doppelpunkt folgt dann die Anzahl der Doppelbindungen. Die Position der Doppelbindung kann entweder durch die IUPAC Nomenklatur (man beginnt von der Carboxylgruppe aus zu zählen)

oder nach der ω-Nomenklatur (in diesem Fall zählt man vom entgegen gesetzten Ende, also von der Methylgruppe) festgelegt werden. [97]

Abbildung 1: Zusammenfassende Darstellung der Fettsäureeinteilung (modifiziert nach [98] **)**



3.2.2.6 Essenzielle Fettsäuren

Sowohl Omega-3- also auch Omega-6-Fettsäuren werden also von unseren Körperzellen als Baustoff für die Zellmembranen benötigt: für Hirn, Nerven- und Sehzellen, von den Zellen des Immunsystems, des Herzens, der Nebennieren. Dort sorgen sie zusammen mit gesättigten Fettsäuren und Cholesterin für die richtige Konsistenz, damit Signale rasch weiter geleitet und die Kommunikation der Zellen untereinander ungestört ablaufen kann. [99] [100] [101] Die α-Linolsäure, gehört zur ω-3-Familie. Auch sie wird vom Organismus schrittweise verlängert und mit weiteren Doppelbindungen versehen. Es entstehen unter anderem die hoch ungesättigten -3-Fettsäuren EPA und DHA. EPA, vor allem aber DHA kommen reichlich in den Membranen der Nerven- und Hirnzellen vor. Aus EPA kann der Körper Eicosanoide

herstellen, die denen der ω-6-Familie teilweise entgegenwirken (entzündungshemmend). [102] [103] DHA kann ebenso wie verschiedene Eicossogar in den Zellkern wandern und dort Gene ein oder ausschalten, die den Fettstoffwechsel regulieren. [104] [105][106] Der Körper überlässt es also nicht dem Zufall, wie viel von welchem Fett sich wo befindet: Beim Gesunden ist das alles durch vielerlei Rückkopplungs-mechanismen geregelt, übrigens auch der Cholesterinhaushalt. [107] Die für all diese Funktionen notwendigen Mengen an essenziellen Fettsäuren sind gering, betragen nur ein paar Gramm bzw. rund 3% der täglichen Kalorienzufuhr. [108] [109] Es kommt also nicht darauf an, so viel wie möglich essenzielle Fettsäuren zu futtern, sondern eine individuell ausreichende Menge in der richtigen Kombination.

3.2.3 Omega-3- Fettsäure Struktur und Bedeutung

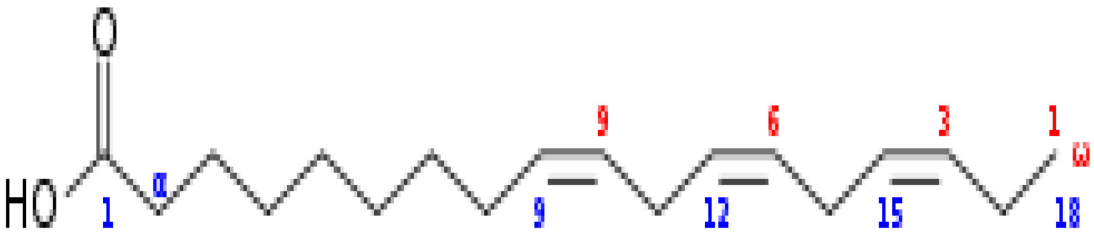
Omega-3-Fettsäuren sind eine Familie von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA), die drei oder mehr Doppelbindungen aufweisen. Omega-3-Fettsäuren sind in Lebensmitteln wie Nüssen, Rapsöl, Marine Kaltwasserfische und Fischöle gefunden. Für den Menschen essentiellen, Fettsäuren, da die erste Doppelbindung am 3.C Atom vorliegt. [110] Die Unterscheidung von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren ist wichtig, da die beiden Fettsäuregruppen trotz der geringen Abweichung im Bau sehr unterschiedliche Eigenschaften haben. Chemische Struktur der Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA (C20, C22 = Kettenlänge; 5,6 = Zahl der Doppelbindungen; n-3 = Position der ersten Doppelbindung). [111] Omega-3- mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFAs) sind natürlich vorkommende Stoffe, die gut verträglich sind und wurden ausgiebig für Prävention von Herz- Kreislauf-Erkrankungen eingesetzt. Wenn die erste Doppelbindung am 3. Kohlenstoffatom liegt, spricht Man von Omega-3-Fettsäuren. Entsprechendes gilt für die Omega-6-Fettsäuren, die sich vorwiegend in pflanzlichen Ölen (z. B. Linolsäure) finden, währendOmega-3-Fettsäuren vor allem in Meeresfischen angereichert sind, welche sich von Phytoplankton ernähren. Letzteres ist die Hauptquelle der Omega-3-

Fettsäuren. Eikosapentaensäure verfügt bei 20 (griech. eicosa) C-Atomen über 5 (penta)Doppelbindungen, die Dokosahexaensäure bei 22 (docosa) C-Atomen über 6 (hexa) Doppelbindungen.

zu den Hauptvertretern den n-3-Fettsäuren zählen

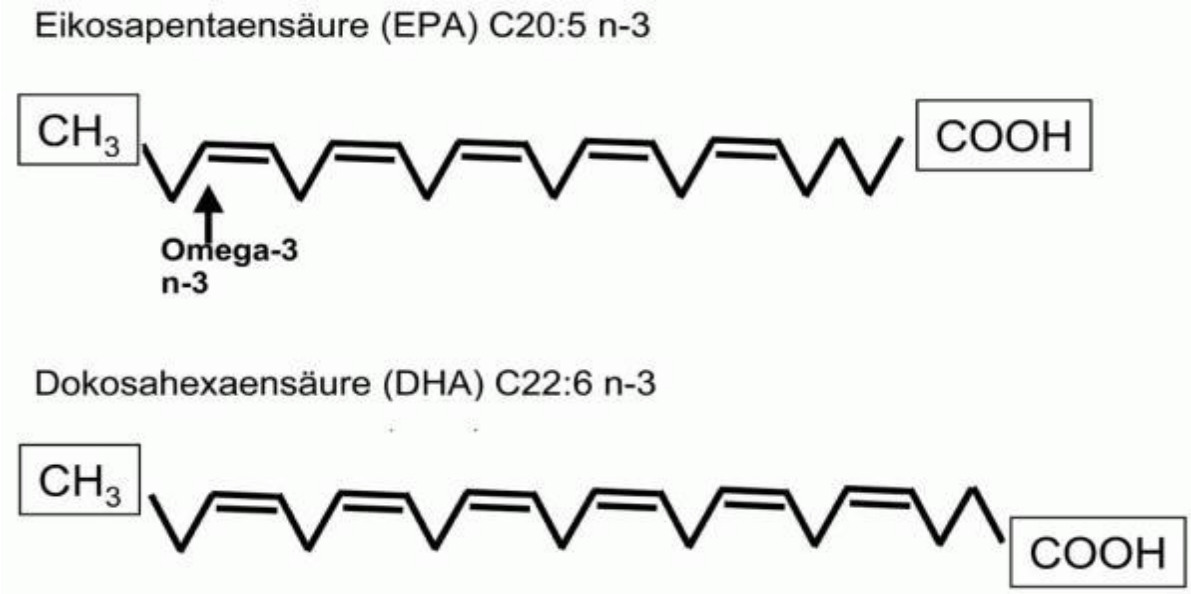
- α - Linolensäure (ALA), 18:5
- Eicosaptenaensäure (EPA), 20:5
- Docosaptenaensäure (DPA), 22:5
- Docohexaensäure (DHA), 22:6

Abbildung 1: Strukturformel der α Linolensäure



Quelle : WEHRMÜLLER et al 2008

Abbildung 2: Chemische Struktur und Nomenklatur der Omega-3-Fettsäuren (C20, C22 = Kettenlänge; 5, 6 = Zahl der Doppelbindungen; n-3 = Position der ersten Doppelbindung

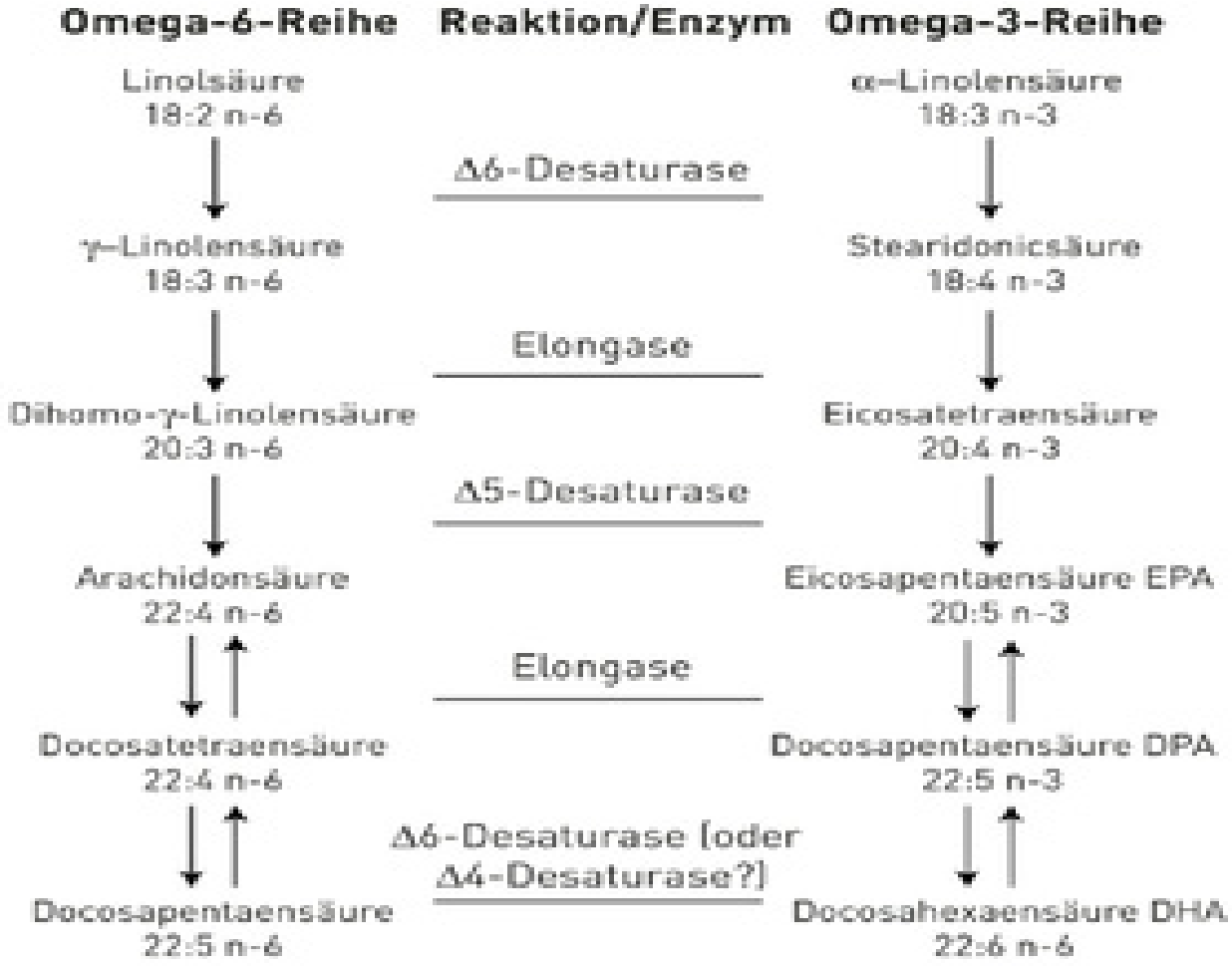


Fuhrmann W Journal für Kardiologie 2003; 10 (11): 504-508 ©

ALA wie auch LA sind essentielle Nährstoff, das bedeutet, dass beide Substanzen mit der Nahrung zugeführt werden müssen. der menschliche Organismus sie aufgrund fehlende Enzyme nicht selbst synthetisieren kann. [112] HAHN: Eicosapentaensäure, abgekürzt EPA ist ein 20 C-Fettsäure. EPA eine langkettige Omega-3-Fettsäure, weil es mehr als 18 Kohlenstoffatome in der Länge ist. EPA ist in Fisch und Fischöl gefunden. [113] Eicosapentaensäure oder EPA (Diese Omega-3-Fettsäure 5 Doppelbindungen.). [114] Docosahexaensäure (DHA) ist eine weitere Omega-3-Fettsäuren auch in marine Nahrungsquellen gefunden und ergänzt in mehreren Nahrungsmitteln. EPA, DPA und DHA sind Hauptkomponenten der Phospholipidmembran, der Struktur in Hirn und Retina und erfüllen als Regulatoren bezüglich der Membranfluidität und des Ionentransports eine wesentlich Funktion [115]. Eine Erklärung für die Reduktion des Risikos, einen plötzlichen Herztod zu erleiden, ist die Fähigkeit von Omega-3- Fettsäuren, einen signifikanten Anstieg der HRV herbeizuführen, weiteres konnte ein Einfluss von DHA und EPA auf Ionenkanäle der Kardiomyozyten nachgewiesen werden. Führman [116] EPA und DHA sind vor allem in Seefisch enthalten. Zu den fettreichen

(viel Omega-3) Seefischen gehören insbesondere Makrele, Lachs, Hering sowie Thunfisch und Sardine. [117] Üblicherweise verzehrte Nahrungsmittel liefern zu wenig Omega-3 und zu viel Omega-6-Fettsäuren.[118] Mehrfach ungesättigte Fettsäuren werden zum einen für den Aufbau von Zellmembranen benötigt. Zum anderen werden daraus im menschlichen Körper Stoffwechsel mediatoren mit hormonähnlicher Wirkung („Gewebshormone"), die sog. Eicosanoide (Prostaglanine, Prostazykline, Thromboxane, Leukotriene), gebildet. [119]

Abbildung 3: Umwandlung von LA und ALA zu deren längerkettigen Homologen



Quelle: WEHRMÜLLER et al. 2008

3.2.3.1 Die chemische Zusammensetzung von Fetten

Die Lipide sind eine sehr heterogen zusammengesetzte Gruppe von Lebensmittelinhaltsstoffen. Ihre Gemeinsamkeit ist ihre Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln wie Ether oder Chloroform. Fett wird in Lebensmitteln dadurch bestimmt, dass der Ether oder das Chloroform-Extrakt nach Trocknung bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz gewogen und, bezogen auf die Einwaage, dann in Prozent Fett angegeben wird. Das so bestimmte Roh fett enthält aber auch Vertreter von chemisch sehr unterschiedlichen Substanzklassen. Die Fettsäure ist der Grundbaustein der Fette. Alle Fettsäure bestehen aus einer Kette von Kohlenstoffatomen, die mit Wasserstoffatomen verbunden sind. Der Säureanteil leitet sich von der an einem Ende angelagerten –COOH Gruppe ab. Fettsäuren sind zwar nur schwach reaktiv, können aber durch ihren Säureteil das Gleichgewicht der Zelle stören; deshalb werden sie normaler-weise durch Ester Bildung an Alkohole gebunden und als größere, komplexere Moleküle gelagert. [120] Generell sind in den Fetten am häufigsten Fettsäuren mit 16 und 18 Kohlenstoffatomen vertreten, die Häufigkeit des Vorkommens nimmt nach kürzer- und längerkettig hin ab. Enthalten die Fette Fettsäuren, die eine oder mehrere Doppelbindungen enthalten. Am häufigsten sind in tierischen Fetten die ungesättigten Fettsäuren mit einer Kettenlänge von 18 Kohlenstoffatomen: Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und α -Linolensäure (C18:3). Für die Fettsäuren werden häufig Abkürzungen benutzt: C18:2 n-6 ist synonym mit Linolsäure und bedeutet: 18 C-Atome, 2 Doppelbindungen, Omega-6. Die Abkürzung für Alpha-Linolensäure ist C18:3 n-3: 18 C-Atome, 3 Doppelbindungen, Omega-3. Fettsäure. Dabei bedeutet die erste Zahl die Anzahl der Kohlenstoffatome und die zweite die Anzahl der Doppelbindungen. Die Lage der Doppelbindung in den ungesättigten Fettsäuren wird entweder durch Zählen, ausgehend von der Carboxylgruppe, oder von der endständigen CH_3-Gruppe her angegeben. Die

Letztere Zählweise wird durch Voranstellung eines „Omega“ angezeigt. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren können nicht vom menschlichen Organismus durch Biosynthese hergestellt werden und werden daher auch als „essenzielle Fettsäuren“ bezeichnet. Streng genommen trifft die Essentialität nur für die Linolsäure und auch die α- Linolensäure zu, die anderen mehrfach ungesättigten Fettsäuren können vom Organismus aus den genannten im Stoffwechsel erzeugt werden. Während des Fetts von Landtieren mehr gesättigte Fettsäuren enthalten. Große Mengen an langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren findet man in den Fetten von Fischen und anderen Seetieren.

3.2.3.2 Nahrungsfette und- Fettsäuren

Nahrungsfette enthalten als Hauptkomponente Fettsäuren, die über wiegend in Form der Triglyceride gebunden sind. Pflanzliche und tierische Fette sind artspezifische Gemische, in denen Glycerin völlig mit Fettsäuren verestert ist (Triacyglyceride). Sie enthalten noch unverseifbare Anteile wie Carotinoide, Sterine, Squalen u.a., sind flüssig oder fest, unlöslich in Wasser (hydrophob), löslich in organischen Lösungsmitteln (lipophil) und sauerstoffempfindlich (Zersetzung, ranzig werden). Eine wichtige Eigenschaft der Fette ist, dass sie imstande sind, etwa zehnmal so viel Sauerstoff zu lösen als Wasser. [121] Dies ist ein Grund dafür, warum sie besonders empfindlich gegenüber Oxidation sind. Man erkennt oxidierte Lipide an einem typischen ranzigen Aroma, das durch flüchtige Oxidations- Produkte gebildet wird. Oxidation von Lipiden läuft nicht nur in gelagerten Speisefetten ab, sie tritt auch bei den körpereigenen Fetten, bei Krankheiten, physischer Belastung oder bei Entwicklungs- und Alterungsprozessen stärker in Erscheinung. Etwa 50 verschiedene Fettsäuren kommen in Lipiden vor, deren Zahl von Kohlenstoffatomen (C- Atome) zwischen 4 und 36 variieren. Die häufigsten Nahrungsfettsäuren haben eine Kettenlänge zwischen 8 und 22 C- Atomen. Alle natürlichen Fettsäuren enthalten eine gerade Zahl von C- Atomen, eine

bemerkenswerte Besonderheit, die durch ihre Biosynthese aus C2- Einheiten bedingt ist. [122] Mit zunehmender Kettenlänge steigt in gesättigten Fettsäuren der Schmelzpunkt und der wachsartige Charakter nimmt zu. Ungesättigte Fettsäuren sind halbfest oder besitzen niedrige Schmelzpunkte; mehrfach ungesättigte Fettsäuren sind überwiegend Öle, deren Oxidationsempfindlichkeit mit der Zahl der Doppelbindungen ansteigt. In der Natur kommen hauptsächlich unverzweigte Fettsäuren vor. Verzweigte Fettsäuren sind seltener, markantestes Beispiel ist die im Depotfett von Delphinen und Tümmlern vorkommende Isovaleriansäure. Weiterhin kommen Fettsäuren mit Hydroxyl- und Ketogruppen vor, substituiert mit Ringsystemen, ebenso mit Dreifachbindungen Ungesättigte Fettsäuren kommen in der Natur fast ausschließlich in der cis- Form vor. Diese Molekülsstruktur ist flexibler als die hauptsächlich bei der Fetthärtung (Hydrierung) gebildete starre trans- Form. Eine cis- Doppelbindung bewirkt einen Knick in der Fettsäurekette (siehe Beispiel Ölsäure), eine trans- Doppelbindung dagegen nicht. Trans- Fettsäuren haben daher dieselbe dreidimensionale Struktur wie gesättigte Fettsäuren. [123]

summenformel	**trivialname**	**system. bezeichnung**	**kurzbezeichnung**
$C_{16}\ H_{32}\ O_2$	palmitinsäure	hexadecansäure	c16:0
$C_{18}\ H_{34}\ O_2$	ölsäure	octadecensäure	c18:1(ω9)
$C_{18}\ H_{32}\ O_2$	linolsäure	octadecadiensäure	c18:2(ω6) la
$C_{18}\ H_{30}\ O_2$	α- linolensäure	octadecatriensäure	C18:3(ω3) ala
$C_{20}\ H_{40}\ O_2$	arachinsäure	eicosansäure	C20:0
$C_{20}\ H_{38}\ O_2$		eicosensäure	C20:1
$C_{20}\ H_{36}\ O_2$		eicosadiensäure	C20:2
$C_{20}\ H_{34}\ O_2$		eicosatriensäure	C20:3
$C_{20}\ H_{32}\ O_2$		eicosatetraensäure	C20:4(ω6) aa
$C_{20}\ H_{30}\ O_2$		eicosapentaensäure	C20:5(ω3) epa
$C_{22}\ H_{44}\ O_2$	behensäure	docosansäure	C22:0
$C_{22}\ H_{32}\ O_2$		docosahexaensäure	C22:6(ω3) dha

Tabelle 1: Übersicht der häufigsten Fettsäure in den Fischfetten (SCHUBERT, 1969; LEHNINGER et al. [124] , 1982; WOLFRAM, 1989)

3.2.3.3 Fettsäurezusammensetzung von Fischen

Die Körperfette der Landtiere haben durchwegs einen höheren Gehalt an gesättigten Fettsäuren und damit einen höheren Schmelzpunkt als die Körperfette von Tieren [125], die im Wasser leben. Ein physiologischer Grund hierfür könnte sein, dass die Landtiere stärker de Strahlung, vor allem im UV-Bereich, ausgesetzt sind als die im Wasser lebenden. Körperfette der Seetiere werden auch als Trane bezeichnet. Sie enthalten vorwiegend ungesättigte Fettsäuren und nur geringe Mengen an Stearinsäure. Ernährungsphysiologisch werden heute die in Fischölen enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (20 bis 22 C-Atome) wegen ihrer positiven Wirkung auf das Herz Kreislauf-System geschätzt (Eicosanoidbildung). Auch geringe Mengen (etwa 1%) an „Methyl“-verzweigten Fettsäuren, z.B. 14-Methylhexadecansäure [126], sowie größere Mengen an Erucasäure (bis 20%) kommen in Fetten von Seetieren vor. Sie enthalten meist größere Konzentrationen an unverseifbaren Fetten, darunter auch Ergosterin, das mit Brom eine grüne Färbung gibt und zum Nachweis von Seetierölen verwendet wird. Wegen ihres Gehaltes an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, sind Öle von Seetieren sehr sauerstoffempfindlich und rasch verderblich. Sie werden daher vor ihrer Verwendung als Brat- oder Backfett mit Wasserstoff hydriert (gehärtet), bis ihr Schmelzpunkt etwa 32°C beträgt. [127] Alle Meeresbewohner reichern aus ihrem Futter ω-3-Fettsäuren an, allerdings in unterschiedlichen Geweben und in unterschiedlichem Ausmaß. Je kälter das Wasser, in dem die Fische schwimmen, desto mehr ω-3-Fettsäuren finden sich in ihrem Fett. Doch es kommt auch darauf an, wo sich die Fette befinden. So nützen uns die hoch ungesättigten Fettsäuren des Heilbutts normalerweise nichts, denn er sammelt sie in seiner Leber an, die wir nicht essen. Fische, die schnell schwimmen, etwa Makrelen, Heringe und Sardinen, lagern ihre Fette dagegen dort ab, wo sie am dringendsten zur Energiegewinnung benötigt werden, im Muskel. [128] Ihr dunkles, festes Fleisch besteht bis zu einem Fünftel aus Fett und ist zur Versorgung mit ω-3-

Fettsäuren sehr gut geeignet. [129] Um den dafür nötigen Nachschub an Futterfetten sicherzustellen, wurde unter anderem Rapsöl an Lachsen getestet. Beim Austausch des natürlichen Futters durch Ölsaaten reduziert sich der ω-3-Fettsäuregehalt der Fische erheblich. [130] Allerdings sieht man es einer Lachsscheibe nicht an, was das Tier zwischen die Kiemen bekam. Man muss daher davon ausgehen, dass Wildfänge in der Regel mehr ω-3-Fettsäuren enthalten als Zuchtfische. Fette sind wichtige Energiequellen im Fischfutter, tragen zur notwendigen Versorgung mit essentiellen Fettsäuren bei und fördern die Nutzung fettlöslicher Vitamine. Neben Neutralfetten (Triglyceriden) spielen Phospholipide und teilweise Wachse eine beträchtliche Rolle. Die Höhe des Fettgehaltes ist bei den einzelnen Arten in starkem Maße vom Alter und dem Ernährungszustand abhängig. Für den Bedarf der Fische mit bestimmten Fettsäuren ergeben sich Hinweise aus der Analyse der Fettsäurezusammensetzung des Fischorganismus. Fischfett weist einen hohen Anteil an hoch ungesättigten Fettsäuren, insbesondere der ω-3-Reihe (11-33%) auf. Das Fett von Süßwasserfischen enthält mehr ω-6-Fettsäuren als das von Meeresfischen. Dadurch ergibt sich bei Süßwasserfischen ein ω-6/ ω-3-Verhältnis von 0,37, bei Meeresfischen ein solches von 0,16. [131] Besonders starken Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung hat die Nahrung. Daneben kommt auch der Wassertemperatur Bedeutung zu. Niedrige Temperaturen verringern das ω-6/ ω-3-Verhältnis. Daraus folgt, dass Meeres- und Kaltwasserfische einen höheren Bedarf an ω-3-Fettsäuren haben als Süßwasser und Warmwasserfische. Während Fische in der Lage sind, gesättigte und einige ungesättigte (u. a. ω-7- und ω-9-) Fettsäuren aus Acetat aufzubauen, können sie sowohl ω-3- als auch ω-6-Fettsäuren nicht synthetisieren, so dass diese mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Für warmblütige Wirbeltiere werden generell Fettsäuren der ω-6- Reihe (Linolsäure und ihre Derivate) als essentiell angesehen. Bei Fischen sind demgegenüber insbesondere die ω-3-Fettsäuren (Linolensäure-Reihe) von vorrangiger Bedeutung, obwohl auch ein Bedarf an ω-6-Fettsäuren besteht.

Bei Regenbogenforellen können sich gewisse zusätzliche Mengen an ω-6-Fettsäuren günstig auswirken. [132] Hochungesättigte ω-3-Fettsäuren (z.B. Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure) übertreffen die Linolensäure in ihrer wachstumsfördernden Wirkung und nehmen damit eine Schlüsselstellung ein. Der spezifische Bedarf der Fische an ungesättigten ω-3-Fettsäurenhängt mit deren niedrigem Schmelzpunkt zusammen. Das wirkt sich unter den relativ niedrigen Temperaturverhältnissen, unter denen Fische leben günstig aus; die essentiellen Fettsäuren tragen zur Flexibilität und Permeabilität der Zellmembranen, zur Enzymaktivierung sowie zur Prostaglandin- Synthese bei und spielen eine wichtige Rolle für den Lipidtransport. Mangelsymptome ungenügender Versorgung mit essentiellen Fettsäuren sind schlechtes Wachstum auf Grund ungünstiger Futterverwertung sowie erhöhte Verluste. [133] Ferner treten Leberverwertung und Mitochondrien Schwellungen auf. Bei Salmoniden wurden auch Flossenerosionen sowie ein typisches Schocksyndrom beobachtet. Diese äußert sich in heftigen Schwimmbewegung mit anschließendem komaartigem Verhalten, wenn die Tiere erregt (geschockt) werden. Höhere Fettgehalte in der Nahrung führen zu einem Anstieg der Trockenmasse, einer relativen Abnahme des Proteins und einem Anstieg der Fettkonzentration im Fischfleisch (Tabelle). Besonders groß sind Energiereserven in Form von Fettdepots in der Muskulatur und im Darm von Lachsen, die gegen reißende Strömungen flussaufwärts zu den Laichplätzen ziehen. Nach dem Ab Laichen sind die Depots völlig aufgebraucht. Bei höheren Fettkonzentrationen müssen dem Futter Antioxidantien zu verhindern. Andernfalls kann es zu einer Inaktivierung von Enzymen und gesundheitlichen Schädigungen der Fische kommen. Im Wasser sind die Organismen viel weniger der Einwirkung von Strahlung und Sauerstoff ausgesetzt, sodass in diesem Milieu ihr Fett wesentlich beständiger ist. [134] Für die Wassertiere bieten die ungesättigten Fettsäuren eine bessere Isolierung gegen Kälte und eine größere Fluidität der Membranen. Die Doppelbindungen in den mehrfach ungesättigten Fettsäuren sind immer durch eine CH_2-Gruppe

voneinander getrennt. Fettsäuren mit konjugierten Doppelbindungen sind in nativen Fetten sehr selten.

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung (in % der Frischmasse) von Regenbogenforellen nach Verabreichung von Futter mit 4 bzw. 15% Fett über 140 Tage (nach STEFFENS und ALBRECHT 1973) . [135]

Futter	Fütterung mit 4 % Fett Gesamtfisch	Muskel + Haut	Fütterung mit 15 % Fett Gesamtfisch	Muskel + Haut
Trockensubstanz	29,3	28,5	32,7	30,9
Rohprotein	17,8	20,1	16,9	19,4
Rohfett	8,0	6,4	11,4	9,0
Rohasche	2,9	1,8	2,5	1,5

3.2.4 **Fischqualität und ernährungsphysiologische Aspekte**

Dem Verzehr von Fischen wurde immer ein hoher Stellenwert in der Ernährung zugemessen (Fasttage mit Fisch am Speisezettel). Die Fische können entsprechend ihrer Umwelt in Süßwasser- und Salzwasserfische (Meeresfische, Seefische) eingeteilt werden. Andere Möglichkeiten der Einteilung für die vielen Arten von Speisefischen beruhen darauf. [136] sie nach ihrer Körperform zu ordnen: Rundfische (z.B. Lachs, Hering, Kabeljau)und Plattfische (z.B. Scholle, Seezunge, Steinbutt) oder nach ihrem Gehalt an Körperfett: Fettfische und Magerfische. Beispiele für die erste Gruppe sind

Hering, Aal, Karpfen, für die zweite Gruppe Hecht, Lachs, Kabeljau, Schellfisch und andere. Das Muskelgewebe der Fische ist prinzipiell sehr ähnlich dem der Landtiere aufgebaut Auch bei den Fischen sind die Myofibrillen quergestreift. [137], bestehen also auch aus dünnen und dicken Filamenten. Nach der Tötung des Fisches tritt ein gegenüber den Landtieren geringerer pH-Abfall (bis etwa 6,2) ein, auf den eine kurze Totenstarre folgt. Die Messung des pH-Wertes im Muskel erlaubt auch bei Fischen eine Aussage über ihre Genussfähigkeit, die zwischen 6,0 und 6,5 als gegeben angenommen werden kann. Verdorbener Fisch kann einen pH-Wert von 7,0 und darüber aufweisen. Seefische enthalten wesentlich mehr von dieser Verbindung als Süßwasserfische (40-120mg/kg und 0-5mg/kg). Bei der Lagerung wird Trimethylamin-N-oxid teilweise zu Trimethylamin reduziert, was zum Ansteigen des pH-Wertes führt und damit den Verderb beschleunigt. [138] Der Ammoniakgeruch von manchen Fischprodukten stammt aus der partiellen Hydrolyse von im Muskel abgelagertem Harnstoff zu Ammoniak und Kohlendioxid. Insgesamt ist der Gehalt an Nichtproteinstickstoff (10-35%) in Fischen wesentlich höher als bei den Landtieren. Bei Fischen ist die Ausbeute an essbaren Anteilen geringer als bei Landtieren (etwa 50%), vom kopflosen Fisch etwa 85-90%. Die Ernährung mit Fisch wird heute wegen der Zusammensetzung ihres Fettanteils als physiologisch wertvoll angesehen. Die Fette von Fischen enthalten durchwegs einen hohen Prozentsatz an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (darunter viele ω_3-Fettsäuren), die cholesterinspiegel- und blutdruck- senkende sowie die Viskosität des Blutes erniedrigende Wirkung haben. [139]

3.2.4.1 Fettbedarf und Metabolismus

Obwohl die weiteren Neutralfette und das Cholesterin aus Kohlenhydraten und Eiweißen synthetisiert werden können, ist ein gewisser Fettanteil in der Nahrung unverzichtbar. Auch wenn es für die Fette bislang nicht, wie bei anderen Nährstoffen, empfohlene tägliche Aufnahmemengen gibt, so kann

man nach den üblichen Angaben doch davon ausgehen, dass der minimale Tagesbedarf an Linolensäure bei 3-6 g liegt. Diese Menge nehmen auch reine Vegetarier zu sich, [140] denn auch in pflanzlichen Produkten sind 5-10% Fett enthalten. Der Körper braucht Cholesterin als Strukturmaterial sowie als Basis zur Synthese von physiologisch wichtigen Wirksubstanzen an den verschiedensten Stellen. Trotzdem ist er dank seiner Fähigkeit zur Cholesterinsynthese aus Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen nicht unbedingt auf eine Cholesterinzufuhr von außen angewiesen, im Gegenteil, eine zu hohe Cholesterinzufuhr in der Ernährung wird mit der Entstehung zahlreiche Erkrankungen, speziell der Koronaren Herzkrankheit in Verbindung gebracht. Da die Fette nicht wasserlöslich sind, gestaltet sich ihre Verdauung und Resorption im Körper etwas schwieriger als bei den Kohlenhydraten. Wenn mit der Nahrung Fette in den Dünndarm gelangen, stimulieren sie dort über Darmhormone die Entleerung der Galle aus der Gallenblase in den Darm. [140] Die Gallensalze wirken als Emulgatoren. D.h. sie verkleinern die Fetttröpfchen und machen sie dadurch dem hydrolytischen Angriff der Lipidenzyme, wie der Pankreaslipase und der Cholesterase, besser zugänglich. Die Fette werden in freie Fettsäuren (FFS), Glycerin, Cholesterin und Phospholipide aufgebrochen und von den Zellen werden hieraus Chylomikrone gebildet, eine Form der Liproproteine, die wie der Name sagt, Fette und Eiweiße enthalten. Die Umwandlung der Lipide in Chylomikronen dauert mehrere Stunden. Die Chylomikronen zirkulieren dann in der Blutbahn. Sie interagieren mit Muskelfasen und Fettgewebszellen. Die Apoproteine der Chylomikronen interagieren mit der Lipoprotein- Lipase (LPL). Die Zellen setzen aus dem LPL freie Fettsäuren und Glyzerin frei und nehmen die Fettsäuren auf. Das Glyzerin wird zur Leber transportiert. In den Muskelfasern werden die FFS zu Energie verbrannt oder in Fettzellen abgespeichert, nachdem sie zu Triglyceriden umgewandelt wurden. Das Blut aus dem Darm wird in die Leber gebracht, die Nährstoffe entnommen und in andere biochemische Formen überführt. Fettzellen geben ständig FFS ab, das von den

Organen und Körperzellen genutzt wird. [141] Zu deren Biosynthese wird die Kette der mehrfach ungesättigten C18-Fettsäuren um zwei Kohlenstoffatome zu C20-Fettsäuren verlängert, z.B. γ- Linolensäure (6, 9, 12-Octadecatriensäure) zur γ-Homolinolensäure (6, 9,12-Eicosatriensäure). Aus den C20-Säuren werden dann durch enzymatisch katalysierte Oxidation die oben genannten Lipidhormone synthetisiert. Eine (C20:4)-Fettsäure, die vor allem in tierischen Fetten in geringen Konzentrationen gefunden wird, ist die Arachidonsäure. Mit Ausnahme der essentiellen Fettsäuren, speziell Linolensäure und ω-3-Fettsäuren, können vom Körper bei Bedarf sämtliche Lipide in der Leber synthetisiert werden. [142] Die Lipide haben folgende Aufgaben, nämlich den Aufbau von Körperstrukturen, Regulierung von Stoffwechselvorgängen und Energiebereitstellung. Durch Oxidation von Fettsäuren entsteht die Gruppe der Eicosanoide besitzen hormonähnliche Qualitäten, d.h. sie beeinflussen physiologische Vorgänge. In Körperruhe werden etwa 60% der Energie aus Verbrennung von Fetten gewonnen. Als Brennstoff nutzen die Zellen in erster Linie Fettsäuren, zum Teil aber auch Ketone. Ketone oder Ketosäuren entstehen, wenn in den Leberzellen mehr Acetyl-Co-A anfällt, als in den Krebszyklus eintreten kann. Sie verlassen dann die Leberzellen, gelangen in die Blutbahn und werden den Zellen als zusätzliche Energiequelle angeboten. Die wichtigsten Produkte sind Acetoacetat, β-Hydroxybuttersäure und Aceton. Sie treten normalerweise nur in geringen Mengen auf. Wenn jedoch sehr viele freie Fettsäuren anfallen, etwa beim Fasten, bei sehr fettreicher Ernährung auch bei Diabetikern steigt die Konzentration der Ketone im Blut an. Sie stellen beim Fasten bzw. bei Hungerzuständen eine wichtige Energiequelle dar. Eine Übersäuerung entsteht bei zu hohen Keton Konzentrationen im Blut, die beispielsweise beim Diabetiker zum Koma und zum Tod führen kann. Die Hauptenergiemenge wird in Form der Triglyceride gespeichert. Fett stellt eine sehr effektive Form der Energiespeicherung dar und besitzt mit 9Kal/g eine sehr hohe Energiedichte. Im Fett ist dagegen relativ wenig Wasser enthalten. Pro

Gewichtseinheit in den Fetten kann 5-6-mal mehr Energie gespeichert werden, als mit Hilfe der beiden anderen Energieträger. [143]

3.2.4.2 Physiologische Bedeutung von Fischöl

Die Lebensmittel, die unseren jagenden und sammelnden Vorfahren zur Verfügung standen, waren also Hirn, Knochenmark, Innereien, Fleisch, Fettgewebe, Fische. Diese Mischung muss für eine hervorragende Nährstoffzufuhr gesorgt haben, denn die Hominiden vermehrten sich prächtig. Die Qualität dieser evolutionären Nahrung unterscheidet sich in sehr vielen Punkten von unserer heutigen Ernährung. Beim Fett neben mengenmäßigen Unterschieden vor allem die unterschiedliche Qualität auf: Durch die verfügbaren und bevorzugten Lebensmittel ergab sich eine in etwa ausgewogene Zufuhr von Fetten der ω-3- und ω-6-Familien- ein Zustand, von dem wir uns mittlerweile sehr weit entfernt haben. Zur Erklärung der plötzlichen und enormen Hirnentwicklung unserer Vorfahren gibt es mehrere Theorien. Weil vor allem die Fettsäure DHA unentbehrlich für das Hirnwachstum ist, schlagen manche Wissenschaftler vor, Homo sapiens hätte sich nur an Meeresküsten und See-Ufern entwickeln können, wo er Fisch und Muscheln als Nahrung fand. [162] Fisch und Meeresfrüchte sind ausgezeichnete DHA-Quellen und mit Sicherheit boten Uferzonen gute Lebensräume für unsere Urahnen. Allerdings ist fraglich, ob sie mit vernünftigem Aufwand in ausreichend großer Menge gewonnen werden konnten und ob diese Nahrung auch genügend Kalorien für das Hirnwachstum lieferte. [144] Zudem fehlen in Pflanzenkost die wichtigen hoch ungesättigten Fettsäuren AA und DHA. Sie enthält zwar die Vorstufen dazu (Linol- und α-Linolensäure, deren Umwandlung ist jedoch nicht besonders effizient, sodass die selbst erzeugten Mengen an hoch ungesättigten Fettsäuren für ein übermäßiges Hirnwachstum vermutlich nicht ausgereicht hätten. [145][146] Durch den häufigen Verzehr von Fisch- insbesondere fettem Fisch werden beträchtliche Mengen so genannter mariner ω-3-Fettsäuren aufgenommen, vor allem die Eicosapentaen- Säure

(EPA) Und die Docosahexaen- Säure (DHA). Dem Herz-Kreislauf- System besonders zuträglich scheint der Einbau dieser Fettsäuren in die Zellmembranen zu sein, [147] deren Funktion dadurch optimiert wird. Verschiedene Abbauprodukte von EPA und DHA mildern zudem Entzündungsreaktionen, hemmen die Verklumpung der Blutplättchen, wirken sich günstig auf die Verteilung der Blutfette aus und können, so haben neuer Studien ergeben, sogar gefährlichen Herzrhythmusstörungen. im Rahmen eines Herzinfarktes entgegenwirken. ω-3-Fettsäuren finden sich vornehmlich in Kaltwasserfischen wie beispielsweise Lachs oder Hering, wobei deren Gehalt saisonal in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, vorab der Zusammensetzung der Nahrung, variiert. Auch Leinsamen sind reich an- im Vergleich zu den marinen ω-3-Fettsäuren allerdings „kürzerkettigen“ – ω-3-Fettsäuren. Besser irgendein Fisch als gar kein Fisch. Die möglichen gesundheitlichen Effekte von ω-3-Fettsäuren- vorab die Verminderung der Sterblichkeit auf Grund von Herz- Kreislauf- Krankheiten- sind so viel versprechend, dass der regelmäßige Genuss von Fisch heute wohl zu Recht empfohlen wird. Zwar scheint fetter Meerfisch das kardiovaskuläre Risiko in größerem Ausmaß zu senken als „magerer“ Fisch Doch auch fettarme Fischsorten wie Kabeljau oder Schellfisch werten die Ernährung auf. Allerdings verändert gewisse Herstellungsmethoden die Zusammensetzung von Fischprodukten stark- so enthält verarbeiteter Fisch z.B. in Form von „Surimi“ kaum mehr EPA und DHA. Ecosapentaensäure und Docosahexaensäure findet man vor allem in Fettfische enthalten die Vitamine A und D sowie ω-3-Fettsäuren in erheblichen Anteilen. Unter anderem deuten die bisherigen Forschungsergebnisse darauf hin, dass die ω-3-Fettsäuren ölhaltiger Fische zur Linderung von Depressionen sowie entzündlichen Gelenkerkrankungen wie Arthritis beitragen, das Risiko von Herz- und Gefäßerkrankungen herabsetzen und zur Vermeidung postoperativer Komplikationen durch Immunschwäche beitragen. Französische Forschungsergebnisse, [148] die 2002 im British Medical Journal veröffentlich

wurden, behandelten eine Korrelation zwischen dem Verzehr von ölhaltigem Fisch bei einer Gruppe von 2000 älteren Menschen und ihrem Risiko, an Demenz zu erkranken. Die Autoren folgerten, dass Menschen, die wenigstens einmal pro Woche Fisch zu sich nehmen, innerhalb des Beobachtungszeitraumes von sieben Jahren mit deutlich geringerer Wahrscheinlichkeit an Demenz erkrankten. Dafür zogen sie zwei Gründe in Betracht: Einerseits könnten die mehrfach ungesättigten Fettsäuren des Trans die Gehirnzellen vor Beschädigungen bewahren. Zum zweiten wurde vermutetet, dass sie das Herz und die Blutgefäße in gutem Zustand erhalten und so das Risiko einer etwaigen vaskulären, also durch Durchblutungsstörungen ausgelösten Demenz vermindern. Trane können den Spiegel anderer Fette im Blut herabsetzen und die Folgen eines hohen Blutfettspiegels minimieren wie Arterienverkalkung und Bluthochdruck, die zu den Risikofaktoren der Demenz gerechnet werden. Im Mai 2003 schrieben Experten in Zirkulation, dass zwei Mahlzeiten mit ölhaltigem Fisch pro Woche dazu beitragen können, einen tödlichen Herzinfarkt zu verhindern, da die enthaltenen Fettsäuren gefährlich Herzrhythmusstörungen verhindern. Untersuchungen einzelner Herzzellen erbrachten, dass die Fettsäuren überschüssige Natrium- und Kalzium- Ströme im Herzen blockieren, die anderenfalls gefährliche, unvorhersehbare Änderungen des Herzrhythmus auslösen könnten. Im März 2005 erkannten Forscher der Harvard Medical School und des Brigham and Women's Hospital in den USA, dass eine Kost mit hohem Anteil an ölhaltigem Fisch die körpereigene Produktion eines entzündungshemmenden Fettes anregt und so möglicherweise die Symptome der Arthritis lindert. Die wichtigsten ω-3-Fettsäuren für unsere Ernährung sind die Eicosapentaensäure (EPA) und die Docosahexaensäure (DHA). Beide kann der Körper auch selbst herstellen. Sie sind also nicht essentiell. α-Linolensäure ist die Ausgangssubstanz, aus der Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) metabolisiert werden.[149] Diese Umwandlung verläuft beim Menschen langsam und ist nur begrenzt möglich. Zahlreiche

Enzyme wirken hierbei mit, deren Funktion nicht immer im ausreichenden Maße gegeben ist. Außerdem kann eine hohe Zufuhr an ω-6-Fettsäuren die Umwandlung von Alpha- Linolensäure in EPA und DHA beeinträchtigen. Wissenschaftliche Untersuchungen deuten darauf hin, dass Docosahexaensäure (DHA) vor allem für das Wachstum des Säuglings und die kindliche Entwicklung essentiell ist. Interessanterweise stellt Muttermilch eine gute Quelle an langkettigen PUFAs für Säuglinge dar. Wissenschaftler empfehlen deshalb generell, alle Säuglingsmilchpulver mit ω-3-PUFAs anzureichern. Studien zeigen, dass die Wirkung der Omega-3-Fettsäuren auf Serum Lipide von der Art des Patienten abhängen und ob die Menge an gesättigten Fettsäuren in der Nahrung konstant gehalten wird. Bei Patienten mit Hyperlipidämie, Omega-3-Fettsäuren verringern Low-Density-Lipoprotein (LDL) Cholesterin, wenn der Gehalt an gesättigten Fettsäuren verringert wird, sonst gibt es einen leichten Anstieg, aber in hohen Dosen (32 g) sie niedrigere LDL-Cholesterin, außerdem sie durchweg niedriger Serum-Triglyceride in gesunden Probanden und bei Patienten mit Hypertriglyceridämie während die Wirkung auf High-Density-Lipoprotein (HDL) variiert von keinem Effekt auf leichte Zuwächse. Die Unterschiede zwischen Tier- und Humanstudien am ehesten aufgrund der Unterschiede zwischen Tier- und menschlichen Stoffwechsel. [150]

3.2.5 Analyse von Fettsäuren

Wie schon eingangs besprochen, ist der Aufbau der in der Praxis vorkommenden Fette sehr komplex. Strukturell oft sehr verschieden aufgebaute Triglyceride und unterschiedliche Fettbegleitstoffe ergeben Stoffgemische mit sehr verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass die Fettanalytik aus einer großen Anzahl von Methoden besteht, die alle zum Ziel haben, die verschiedenen Aspekte des komplexen Substanzgemisches Fett zu durch leuchten. Einen großen Teil der Fettanalytik nehmen Kennzahlen ein**.** [151], die den Anteil an niederen (kurzkettigen) Fettsäuren in der Fettprobe festlegen sollen. Die Fettsäuren sind bis zu einer Anzahl von etwa zehn Kohlenstoffatomen im Molekül wasserdampfflüchtig und können dadurch vom restlichen Fettgetrennt werden. Diese Methoden sind heute zum größten Teil durch gaschromatografische Methoden ersetzt. Routinemäßig wird heute die Fettsäurezusammensetzung eines Fettes durch Gaschromatografie der Fettsäurenmethylester ermittelt. Die Fettsäuremethylester werden durch Umesterung mit einem Überschuss an Methanol aus den Triglyceriden hergestellt. Die Reaktion wird basisch mit Natriummethylat oder sauer mit Bortrifluorid katalysiert. Für die Gaschromatografie werden Polyestersäulen oder siloxanbeschichtete Säulen verwendet. Die Verweilzeiten der Fettsäuremethylester in der Säule sind proportional zur Kettenlänge der Fettsäuren. Ungesättigte Fettsäuren werden in der polaren Trennsäule stärker zurückgehalten als gesättigte Fettsäuren. [152] Die Analyse komplexer Fettsäuregemische gelingt meist mit Hilfe der Gaschromatographie, wobei die Fettsäuren üblicherweise als Methylester chromatographisch aufgetrennt und nachgewiesen werden. Spezielle Techniken der Reaktionsgaschromatographie erlauben z.B. die Differenzierung zwischen gesättigten und ungesättigten Verbindungen durch on-line Hydrierung der Doppelbindungen mit Wasserstoff als Trägergas und Katalysator und Analyse der gebildeten gesättigten Verbindungen. Eine weitere wichtige Unterscheidungsmöglichkeit

von gesättigten zu ungesättigten Fettsäuren bildet die Argentationschromatographie. Mit Hilfe dieser speziellen flüssigkeitschromatographischen Technik lassen sich gesättigte, einfach ungesättigte und mehrfach ungesättigte unabhängig von der Kettenlänge relativ leicht auftrennen. Heute wird in der Fettanalyse üblicherweise ein Massenspektrometer als GC-Detektor verwendet (GCMS), wodurch sich viele zusätzliche analytische Möglichkeiten ergeben. Typische Fragmentierung von Fettsäuremethylestern im Massenspektrometer geben Aufschluss auf die Anzahl der Doppelbindungen. Leider lässt sich die Position der Doppelbindungen in den meisten Fällen nicht bestimmen. Aber auf Grund der chromatographischen Daten in Verbindung mit der massenspektrometrischen Information ist eine Substanzzuordnung möglich. [153]

4. Material und Methode

Abbildung 2: Untersuchte Fische

Das Probenmaterial wurde von Herrn Peter Brauchl freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Alle Fische wurden in heimischen Gewässern gezüchtet.

Abbildung 3: Eismeersaibling

Abbildung 4: Atlantischer Lachs

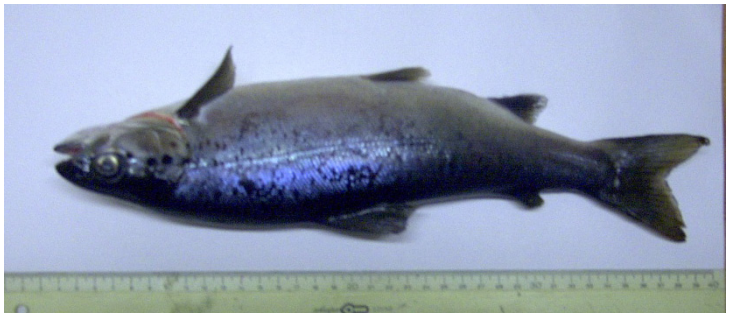


Abbildung 5: Atlantik Lachs klein

Die Fische wurden innerhalb von 3 Stunden nach dem „Fang“ auf Eis transportiert und im Labor zerlegt.

Abbildung 6: Positionen des entnommen Probenmaterial am Fischkörpers.

Die Proben wurden in Gläsern bis zur weiteren Probenvorbereitung bei -20°C aufbewahrt. **Alle Probe**

Probe 1:	Atlantischer Lachs	Schwanz	AL-S
Probe 2:	Atlantischer Lachs	Schwanz	AL-S
Probe 3:	Atlantischer Lachs	Schwanz	AL-S
Probe 4:	Atlantischer Lachs	Bauch hinten	AL- BH
Probe 5:	Atlantischer Lachs	Bauch hinten	AL- BH
Probe 6 :	Atlantischer Lachs	Bauch hinten	AL- BH
Probe 7 :	Atlantischer Lachs	Innerei	AL- Innerei
Probe 8 :	Atlantischer Lachs	Innerei	AL- Innerei
Probe 9 :	Atlantischer Lachs	Innerei	AL- Innerei
Probe10 :	Atlantischer Lachs	Nacken	AL- N
Probe11:	Atlantischer Lachs	Nacken	AL- N
Probe12:	Atlantischer Lachs	Nacken	AL- N
Probe24:	Atlantischer Lachs	Bauch	AL- B
Probe13:	Eismeersaibling	Innerei	Ems- Innerei
Probe14:	Eismeersaibling	Schwanz	Ems- S
Probe15:	Eismeersaibling	Bauch hinten	Ems- BH
Probe16:	Eismeersaibling	Nacken	Ems- Innerei
Probe17:	Eismeersaibling	Bauch	Ems- B
Probe25:	Eismeersaibling	Mischprobe	Ems
Probe18:	Atlantischer Lachs klein	Nacken	ALK- N
Probe19:	Atlantischer Lachs klein	Bauch	ALK- B
Probe20:	Atlantischer Lachs klein	Schwanz	ALK- S
Probe21:	Atlantischer Lachs klein	Bauch hinter	ALK-BH
Probe22:	Atlantischer Lachs klein	Innerei	ALK- Innerei
Probe23:	Atlantischer Lachs klein	Mischprobe	ALK

Probenaufarbeitung

Die Proben wurden abgewogen, mit flüssigem Stickstoff gefroren, zerrieben dann in einem Kolben mit 50 bis 100 ml Hexan, je nach Gewicht der Probe, digeriert. Anschließend wurde der feste in Hexan unlösliche Anteil bei abfiltriert. Die organische Phase wurde mit 10 ml Wasser versetzt und für 10-25 min. stehengelassen.

Die obere Phase (Fischöl in Hexan) wurde von der unteren Phase (hydrophile Anteile in Wasser) abgetrennt. Die organische Phase wurde ein zweites Mal mit Wasser gewaschen und anschließend über Natriumsulfat getrocknet.

Anschließend wurde das Trocknungsmittel abfiltriert und das Lösungsmittel vollständig entfernt (Rotavapor bei 40^{o} C). Die Ausbeuten an Fischöl (Triglyceride) sind in Tabelle **III** angeführt.

Umesterung für gaschromatographische Analysen:

Das Fischöl wurde in 2 mL Hexan aufgenommen und mit 0,5 ml methanolischer KOH versetzt. Sobald sich zwei Phasen gebildet haben, wurde die obere Phase (Fettsäuremethylester in Hexan) mittels Pipette abgehoben, über Natriumsulfat getrocknet, über Watte filtriert und in einen Messkolben überführt.

Diese Proben wurden dann gaschromatographisch für eine Quantifizierung und massenspektrometrisch (Kopplung Gaschromatographie-Massenspektrometrie) für eine Substanzidentifizierung analysiert.

Gaschromatographische Analysen

Alle Analysen wurden mittels Gaschromatograph GC8000 series, ausgestattet mit Split/Splitlessinjektor und Autosampler AS800 (alle Fisons Instruments, Mailand, Italien) durchgeführt. Als Trennsäulen wurde einerseits eine unpolare DB-5 Fused Silica Kapillare (25m Länge, 0,32 I.D. und einer Filmdicke von 0,25 μm, andererseits eine polare DB-Wax Fused Silica

Kapillare (20m Länge, 0,32 mm I.D. und einer Filmdicke von 0,15 µm verwendet.

Die Datenaquisition und -auswertung erfolgte mit Hilfe des Software-Programms ChromCard for Windows (Fisons Instruments, Mailand, Italien)

Gaschromatographische Bedingungen:

Trägergas: Wasserstoff, Reinheit 5.0,

Trägergasfluss: 3 ml/min,

Injektor: 320°C, 10 sec. Splittlos.

Temperaturprogramm: 120°C (1 min. isotherm), 8°/min. 320°C (unpolare Säule) bzw. 280°C (polare Säule), 10 min. isotherm.

Gaschromatographie/Massenspektrometrie:

Die Identifizierung der einzelnen Fettsäuremethylester wurde auf einer Kopplung Gaschromatograph GC8000 series mit einem Quadrupolmassen-spektrometer MS 800 (Fisons Instruments, Mailand, Italien) durchgeführt. Im Gegensatz zu den quantitativen Bestimmungen wurde bei der Identifizierung mittels Kopplung Helium als Trägergas verwendet. Die gaschromatographischen Bedingungen wurden nur geringfügig verändert und auf das geänderte Trägergas adaptiert.

MS-Bedingungen :

Interfacetemperatur: 230°C,

Ionenquellentemperatur: 250°C,

Ionisierungsenergie 70 eV,

Scanbereich 50-500 amu.

5. Resultate

5.1. Ölausbeute

Probe	Kurzbezeichnung	Fischeinwaage (in g)	Ölausbeute (in g) pro g Fisch
1	AL – S	3, 7492	0, 0120
2	AL – S	5, 4031	0, 0421
3	AL – S	1, 2428	0, 0185
4	AL – BH	4, 7429	0, 1386
5	AL – BH	2,2275	0,1794
6	AL – BH	5,6758	0,1348
7	AL – Innerei	5,7243	0,2080
8	AL – Innerei	4,0546	0,8306
9	AL – Innerei	2,0553	0,3954
10	AL – N	2,3181	0,0693
11	AL – N	5,6929	0,0177
12	AL – N	8,8580	0,1988
13	Ems – Innerei	0,6511	0,0195
14	Ems – S	1, 6986	0, 0077
15	Ems – BH	1, 0270	0, 0250
16	Ems – BH	1, 5189	0, 0491
17	Ems – B	0, 8110	0, 0264
18	ALk – N	0, 4405	0, 0119
19	ALk – B	0, 2399	0, 0065
20	ALk – S	0, 6618	0, 0033
21	ALk – BH	0, 4997	0, 0106
22	ALk – Innerei	0, 2941	0, 0490
23	ALk	3, 7421	0, 0234
24	AL – B	3,3148	0,0822
25	Ems	8,8546	0,0265

5.2 Gaschromatographische Analysen

Die gaschromatographischen Analysen wurden auf zwei unterschiedlich polaren Dünnfilmkapillaren durchgeführt. Alle Chromatogramme wurden integriert. Es zeigte sich, dass die Trennung auf der polaren Trennsäule für die Auftrennung der Fettsäuremethylester wesentlich effizienter war, als auf der unpolaren Säule. Für die Quantifizierung wurde daher (in fast allen Fällen) die Integration des Chromatogramms auf der polaren Säule herangezogen. Die Integration des Chromatogramms auf der unpolaren Säule wurde zur Überprüfung der Resultate verwendet, oder wenn es zu einer Peaküberlagerung bei der polaren Säule kam.

Für die Quantifizierung wurden alle Signale mit einem besseren Signal/Rausch-Verhältnis als 5 integriert und nach der 100% Methode der prozentuelle Anteil jedes Signals ermittelt. War der Anteil kleiner als 0,5 %, so wurde das Signal aus der Integrationsliste entfernt. Die verbleibenden Signalwerte wurden dann erneut nach der 100% Methode berechnet. Die quantitativen Ergebnisse sind in Tabelle zusammengefasst.

Abbildung 7: Gaschromatogramm eines umgeesterten Lachsöls auf umpolarer Säule

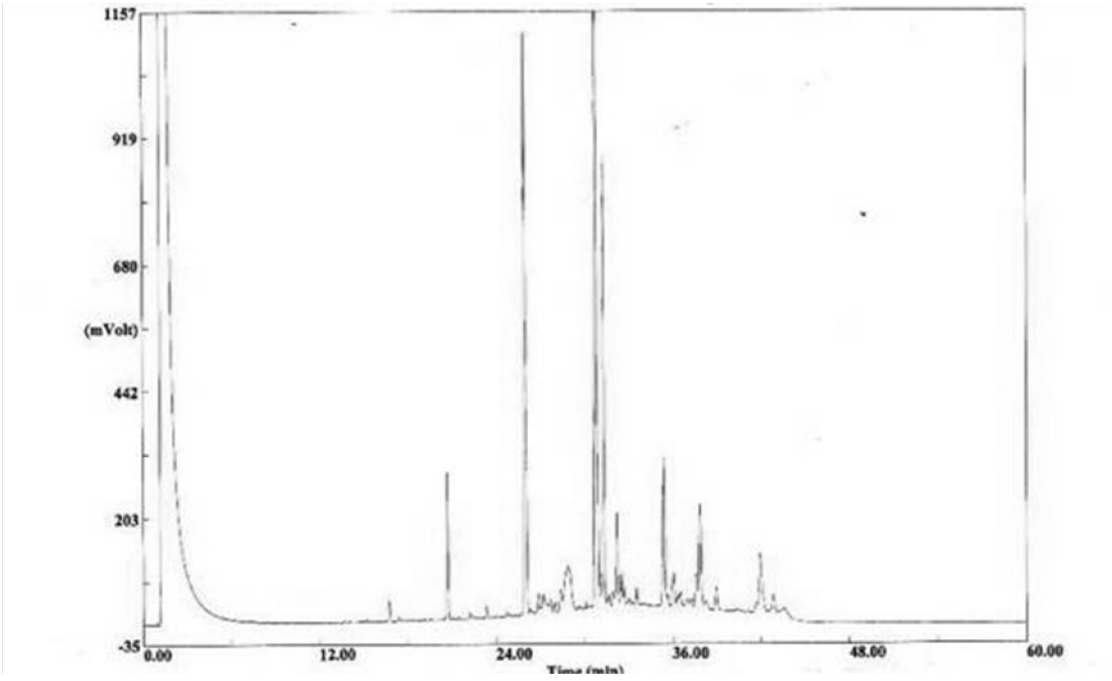


Tabelle 3: Quantitative Fettsäureverteilung von allen untersuchten Proben.

Fettsäure	RT (min	Pr.1	Pr.2	Pr.3	Pr.4	Pr.5	Pr.6	Pr.7	Pr.8	Pr.9	Pr.10	Pr.11	Pr.12	Pr.13	Pr.14	Pr.15	Pr.16	Pr.17	Pr.18	Pr.19	Pr. 20	Pr.21	Pr.22	Pr.23	Pr.24	Pr.25
C12:0	16.8	1.2	0.9	0.8							0.8	0.9	0.6													
C13:0	17.4																		1.3	2.8	3.0	1.2	3.1	22.5		
C14:0	20.8	3.4	6.0	5.4			8.9		12.6	8.4	7.4	4.5	7.5	9.2	2.6	5.6	8.2	4.4	3.7	3.1	5.0	5.5	3.9		14.1	
n.i.	22.3				0.8	0.6		0.9	0.6																0.6	
C15:0	23.5				1.5	1.2	0.7	1.7	1.1	0.6	0.7		0.7	0.7			0.6						0.8		1.1	
C16:0	26.0	28.6	35.0	30.2								19.3			11.0	22.1		18.5	14.0		24.3	18.3	15.2	18.6		0.7
C16:1	26.1											5.2			4.0	11.2		7.8	2.6	14.3		4.4				
C16:2	27.0	0.8	0.6	0.9	2.2	1.7	1.0	1.6	1.5	1.1	1.0	0.8	1.0	1.1		0.7	1.3		0.7		0.7	0.8			1.7	
n.i.	27.3	0.6		1.9	3.1	2.9	1.6	3.0	2.7	1.2	2.2	2.7	2.0	0.8		1.0	2.8	3.3	2.1			0.8			1.5	9.0
C17:0	27.8	1.2		0.7	2.2	4.7	4.7	5.9	1.7	5.5	2.4	0.7	0.9	1.3			1.3	1.3	0.7			0.6			1.2	
C17:0 br	28.1	0.7			1.1	1.6	1.9	0.7	0.7				0.6	0.9		0.6	0.9	0.6							1.1	
C17:1	28.5		1.3	1.1	3.3	2.8	1.8	3.3	2.1	1.4	1.4	1.0	1.5	1.3		1.1	1.5	0.7	0.8	0.9		1.0	3.4		2.1	
n.i.	28.9		1.9	7.7												2.8				11.1	1.2	2.9				
C18:0	29.0		2.2													4.7						2.8				
C18:1	29.3				12.0	26.1	27.6	30.4	6.1	17.8	23.4	13.1	11.5		30.5		13.7	21.5	11.6	19.1		35.9			75.6
C18:1	30.8	30.1													22.5				19.0	15.8	27.5	25.9	13.7	17.5		1.4
C18:1 br ??	30.9	3.1													2.0				2.3	1.9	3.1	3.3	2.0			
C18:2	31.4	11.9	14.8	16.5							18.6	14.0	21.0	26.7	7.8	15.5	21.5	12.5	4.8	5.0	8.3	8.3	1.0			
C18:1	31.8	1.6			1.1	0.8		0.9	0.6			0.5													0.9	
C18:2	32.1	1.0			1.6	1.3	0.8	1.0	1.5	0.7			0.7	0.7		0.6	0.7								1.4	0.7
C18:3	32.3	5.3	3.2	5.3	9.9	7.9	4.6	5.3	6.4	4.1	4.2	4.2	5.0	5.4	3.4	4.0	4.9	3.3	2.9	5.6	6.5	4.0	6.3	4.4	8.7	
n.i.	32.6		1.0		3.4	2.7	1.5	0.9	2.3	1.2	1.1	1.3	1.7	2.7		2.3	2.9	1.7	0.9	1.8	1.7	1.6			3.3	
n.i.	32.8		0.6	0.7	1.8	1.4	0.8		1.0	0.6	0.7	0.7	1.0	0.8		0.7	0.9								1.7	
C20:0	33.1				1.2			1.3	0.8		0.6														0.8	
C20:0 br	33.5	0.9	0.8	0.7							0.6	0.9	0.7													
C20:1	35.6	4.6	8.1	7.1			12.0		19.3	12.4	9.5	6.3	10.0	13.7	3.6	7.6	11.0	6.2	4.1	3.0	6.0	6.2	3.3		16.8	
n.i.	35.7	1.5	0.9				0.9		0.9	0.9	0.7	0.5	1.0	1.1			0.8								1.3	
n.i.	36.1	0.7	1.2	0.7				0.7			0.6	1.1														
C20:2	36.2	0.6	1.7	2.3	5.5	4.2	3.0	5.0	4.4	3.0	2.0	1.4	3.3	2.5	0.7	1.4	1.8	1.1	0.6	0.8	0.5	1.2			4.0	
C20:3	36.5		1.1		1.3	1.0	0.8	0.7	1.1	0.7				0.9			0.6								1.1	
C20:3	36.6		0.8		1.8	1.4	1.3	0.9	1.9	1.1	0.9	0.8	1.4	1.6		0.9	1.2	0.9			0.8	0.8			1.8	2.4
C22:0	37.2					1.1	1.5	1.5	2.4	2.1	2.5	1.4			2.1		0.7	1.1	1.4				2.2			
C22:1	37.3		0.8	0.6	1.4	1.2	1.0	0.9	1.2	0.8		0.6	1.1	0.7			0.6								1.1	
C20:5	37.7	1.2	1.6	2.0	5.4	4.5	2.5	1.9	3.5	2.0	1.6	1.8	2.6	2.5	0.8	1.7	2.0	1.3	0.6		1.2	1.1			4.6	
C22:2	37.9	4.2	3.9	6.1	16.4	12.1	7.6	3.4	10.4	4.8	4.3	5.5	8.2	13.5	4.0	9.2	10.5	7.6	2.9	2.7	5.6	4.6			15.9	
C22:3	39.0	1.8	1.8	1.3	0.6	0.5	1.0	1.5		0.7	1.4	1.5	1.5							1.1						
C22:4	41.7		0.6		2.4	2.1	0.9		1.0				0.9	0.7			0.6								1.0	
C22:5	42.0	2.7	6.6	5.6	19.8	14.4	8.8	19.9	12.2	9.0	7.0	5.0	7.9	10.8	2.8	6.1	8.4	4.6	3.5	3.4	4.7	4.8	4.1		11.1	
C22:6	42.9	1.6	2.1	1.9			0.7	1.5		1.2	1.7	2.5	2.1							2.9						
C24:2	43.6			0.6		2.0	2.1	3.6		3.1	2.9	1.9	1.9		2.3		0.6	1.4	0.6	1.0			2.9			4.6

n.i. = nicht identifiziert, br = verzweigt, br ?? = vermutlich verzeigt

5.3 Vergleich der Fettsäuremuster

In den nachfolgenden Tabellen sind einige wichtige Fettsäuren und ihre Verteilung in den untersuchten Proben gegenüber gestellt. Zur besseren Visualisierung sind diese Tabellen auch noch als Diagramme dargestellt.

Tabelle 4: Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Atlantischen Lachs

Fettsäure	S	S	S	BH	BH	BH	Inn.	Inn.	Inn.	N	N	N	B
C18:3	5,3	3,2	5,3	9,9	7,9	4,6	5,3	6,4	4,1	4,2	4,2	5,0	8,7
C22:5	2,7	6,6	5,6	19,8	14,4	8,8	19,9	12,2	9,0	7,0	5,0	7,9	11,0

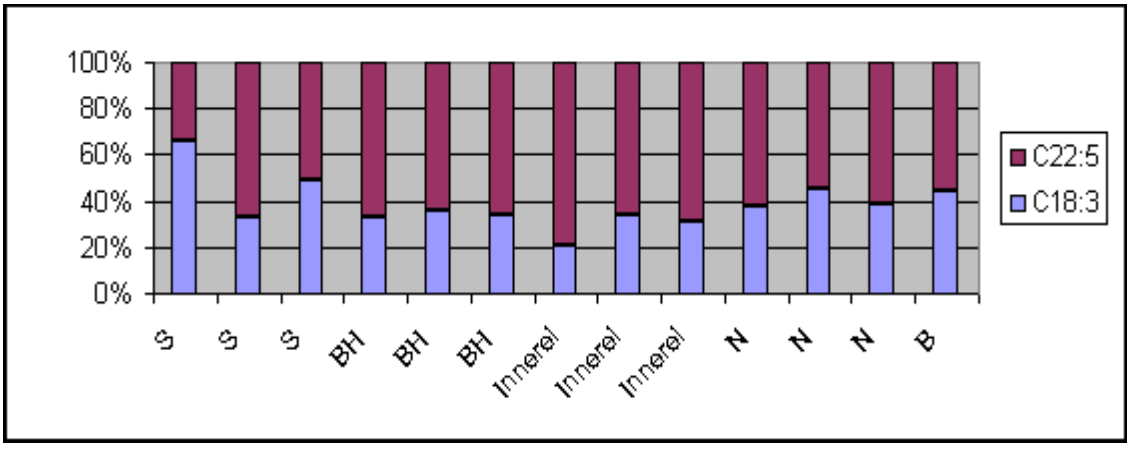
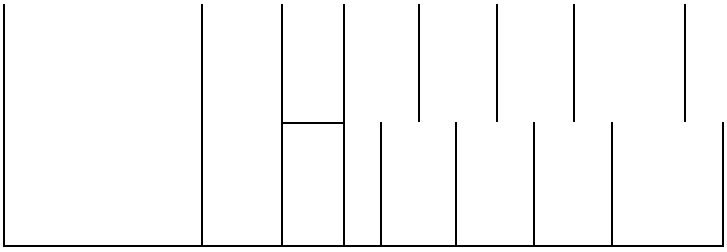


Tabelle 5:Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Eismeersaibling

Fettsäuren	Inn.	S	BH	N	B	ganzer
C18:3	5,4	3,4	4.0	4,9	3,3	
C22:5	10,8	2,8	6,1	8,4	4,6	



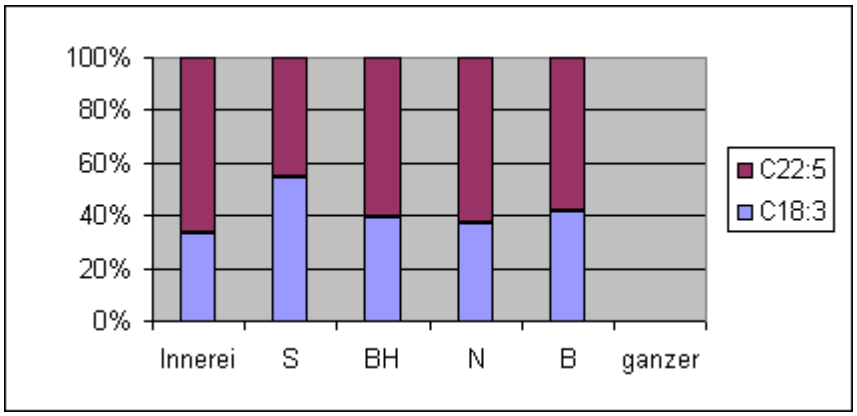
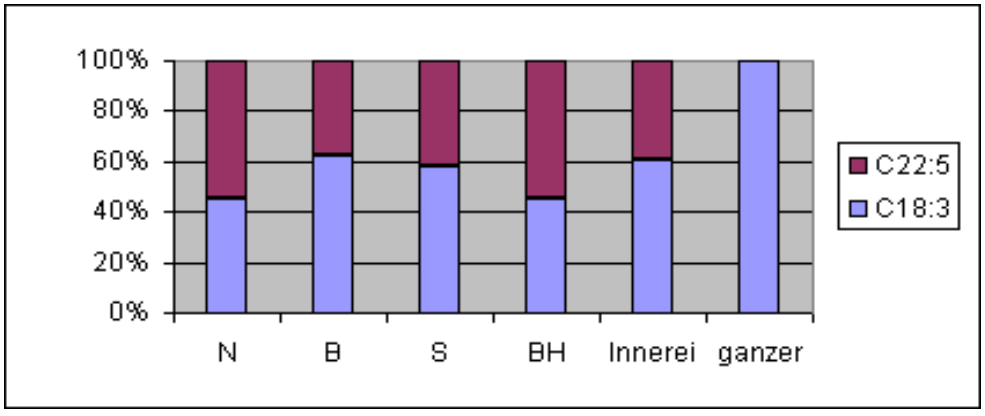


Tabelle 6: Fettsäureverteilung (C18:3 und C22:5) im Atlantischen Lachs klein

Fettsäure	N	B	S	BH	Inn.	ganzer
C18:3	2,9	5,6	6,5	4.0	6,3	4,4
C22:5	3,5	3,4	4,7	4,8	4,1	



Für den Vergleich wurden zwei mehrfach ungesättigte Fettsäuren gewählt, die in allen Proben in größerer Konzentration nachgewiesen werden konnten. Die wichtigen hochungesättigten Fettsäuren DHA (Docosahexaensäure) und EPA (Eicosapentaensäure) waren in der relativen Konzentration zu gering, um quantitative Aussagen treffen zu können.

Es zeigte sich, dass die gewählten Fettsäuren beim Atlantischen Lachs und beim Eismeersaibling in den verschiedenen Körperregionen eine ähnliche Verteilung aufwiesen. Beim Atlantischen Lachs klein war der Anteil der längerkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäure wesentlich geringer. Auffallend ist, dass vor allem in den Innereien der Gehalt an den hoch ungesättigten Fettsäuren groß war.

Tabelle 7: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Schwanz)

Fettsäuren	AL-S	AL-S	AL-S	Ems-S	ALk-S
C18:3	5,3	3,2	5,3	3,4	6,5
C22:5	2,7	6,6	5,6	2,8	4,7

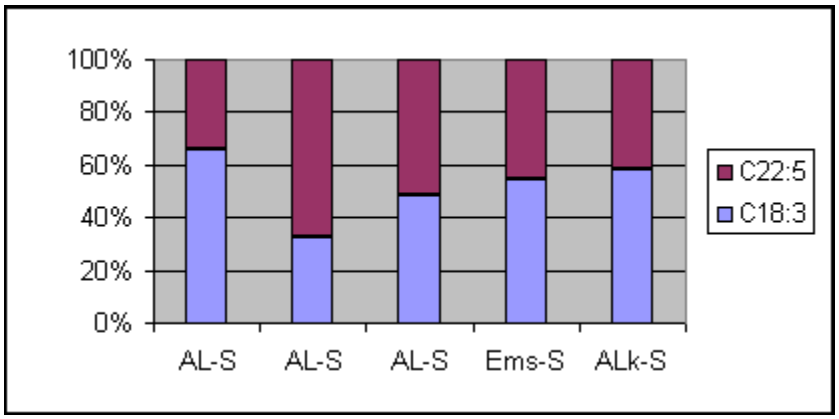
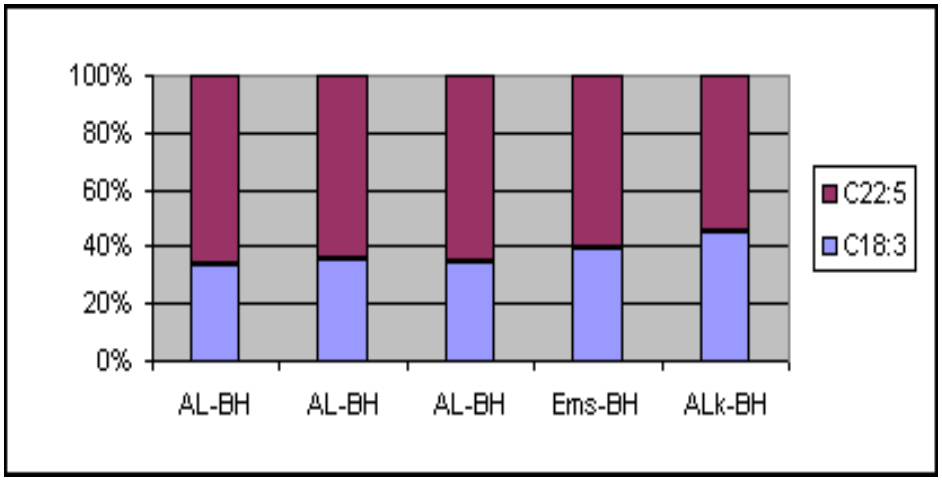


Tabelle 8: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Bauch hinten)

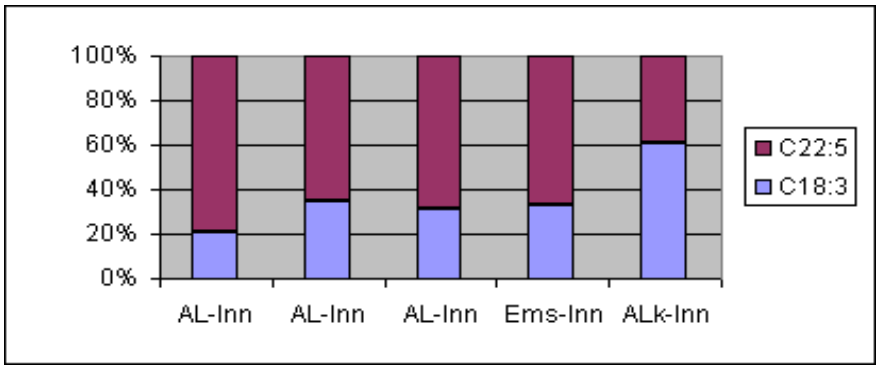
Fettsäuren	AL-BH	AL-BH	AL-BH	Ems-BH	ALk-BH
C18:3	9,9	7,9	4,6	4,0	4,0
C22:5	19,8	14,4	8,8	6,1	4,8



Bei Vergleich der Schwanzproben der unterschiedlichen Fische war das Verhältnis C18:3 und C22:5 annähernd gleich, während bei den Bauchproben (hinten) bei ausgewachsenen Atlantischen Lachs das Verhältnis zu Gunsten der C22:5 ausfiel

Tabelle 9. Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Innereien)

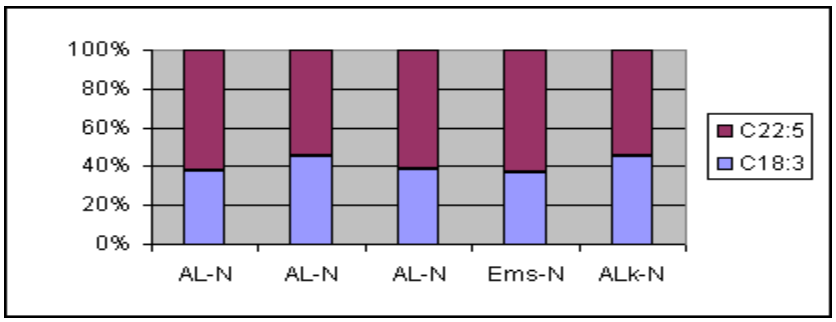
Fettsäure	AL-Inn	AL-Inn	AL-Inn	Ems-Inn	ALk-Inn
C18:3	5,3	6,4	4,1	5,4	6,3
C22:5	19,9	12,2	9	10,8	4,1



Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei den Innereien, nur war hier generell die Konzentration der C22:5 größer als die der C18:3 Fettsäure

Tabelle 10: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Nacken)

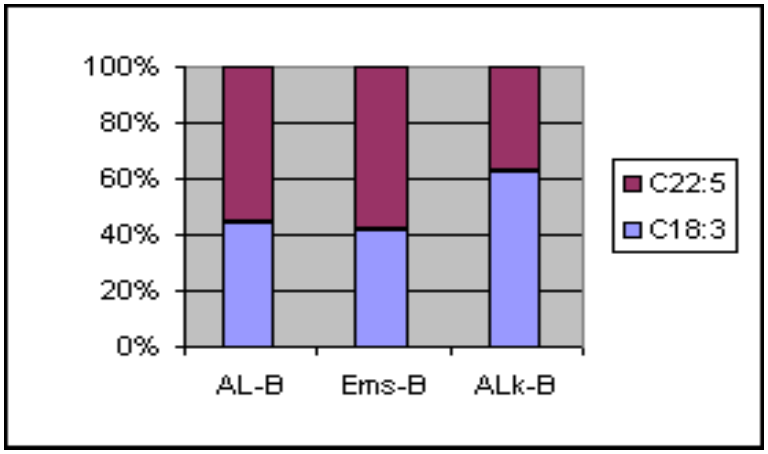
Fettsäuren	AL-N	AL-N	AL-N	Ems-N	ALk-N
C18:3	4,2	4,2	5,0	4,9	2,9
C22:5	7.0	5.0	7,9	8,4	3,5



Bei den Nackenproben konnte kein Unterschied im Verhältnis der ausgewählten Fettsäuren für die verschiedenen Fische festgestellt werden.

Tabelle 11: Vergleich des Fettsäuremusters (C18:3 und C22:5) Atlantischer Lachs, Eismeersaibling, Atlantischer Lachs klein (Bauch)

Fettsäuren	AL-B	Ems-B	ALk-B
C18:3	8,7	3,3	5,6
C22:5	11,1	4,6	3,4



Bei Vergleich der Bauchproben zeigte sich das ähnliche Verhältnismuster für die Fische wie bei den Bauchproben hinten.

Diskussion

Die untersuchten Lachsartigen Fische, Atlantischer Lachs, Eismeersaibling und Atlantischer Lachs klein stammten alle aus einer niederösterreichischen Teichwirtschaft.

Der absolute Gehalt an ω3-PUFA ist bei den Zuchtfischen deutlich höher als bei wildlebenden. Vor allem war der Anteil bei dem Atlantischen Lachs relative höher als bei dem Eismeersaibling und Atlantischen Lachs klein. Der Grund dafür scheint in der besonderen Fütterungsart zu liegen.

Vor allem die ω3-Fettsäure C18:3, C20:3 und C20:5 konnten im Atlantischen Lachs in hoher Konzentrationen nachgewiesene werden, ebenso C22:5 und C22:6. Speziell in den Innereien war ein extrem hoher Gehalt der PUFA zu finden, wobei der Anteil wieder vom Atlantischen Lachs über den Eismeersaibling zu dem Atlantischen Lachs klein abfiel.

Deutlich Unterschiede zeigten sich bei den einfachungesättigten Fettsäuren C16:1, C18:1 und C20:1. Hier konnte aber kein trennt für die einzelnen Proben erkannt werden. Häufig liegt die Meinung vor, dass Wildfische gegenüber ihren gezüchteten Artgenossen ernährungsphysiologisch wertvollere Lebensmittel verkörpern. Durch eine Reihe von Studien wurden wildlebenden Tieren geringere Fettgehalte sowie wesentlich höhere Anteile an ω3-Fettsäuren zugesprochen. Hinblick auf die ω3/ω6-Verhältnisse sowie die prozentuellen Anteile an ω3-Verbindungen konnten Zuchtfische nicht nur mit den Wildtieren mithalten sondern übertrafen deren Werte sogar. Aufgrund des meist etwas höheren Fettgehaltes fielen auch die absoluten Konzentrationen an ω3-Verbindungen dementsprechend höher aus. Allerdings muss auch darauf hingewiesen werden, dass zwischen den Zuchtfischen aus unterschiedlichen Betrieben teils große Qualitätsdifferenzen bestehen können. Der Hauptgrund ist in der voneinander abweichenden Zusammensetzung der Futtermittel zu suchen.

6. **Literaturverzeichnis**

1. Fiedler Kurt: Handbuch der Speziellen Zoologie Band II: Wirbeltiere Herausgegeben von D. Starck Teil II : Fische
2. Fischer, I. W.: FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes Western Central Atlantic (fishing area 71) Bd.1-7. FAO, Rome 1978.
3. Jalabert, B.: J: Fish. Res. Board Can.33 (1976): 974-988 (Oocytenreifung und Ovulation in vitro by Salmon, Esox u.Carassius auratus).
4. V. Ihering: Ein Verfahren zum Induktion Fische zum Laichen Die progressive-Fisch Culturist volume 4, Issue 34, 1937 Seite 15-1
5. Houssay, B.A. (1931): Action sexuelle de l'hypophyse Surless poisons ET less reptiles C R Soc. Biol. 106: 377-378.
6. www.Lebensmittellexikon.de/10000240.php.
7. Alschner, G.: Klipp und klar 100 x Tierwanderungen, Mannheim 1980
8. Bone Q., Marschall 1985: Biologie der Fisch Verlag: Stuttgart, Fisches (1985).
9. Daumer, K. und Hainz, R.: Verhaltensbiologie, München 1983
10. Penzlin, U.: Tierphysiologie, Gustav Fischer Verlag Jena 1991
11. Massholder Frank, Lebensmittellexikon.de.
12. Simopoulo A P : Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development.Am J Clin Nutr. Sept. 1991 vol. 54 Nr.3 Page 438-463
13. Riedel; D.: Fischerei. In: P. Horst (Hrsg.): Handbuch der Landwirtschaft in den Entwicklungsländern. Ulmer Verlags Stuttgart. Hohenheim (im Druck.)
14. Hofmann, J., F. Geldhauser, P. Gerstner : Der Teichwirt.6.Auflage, Paul Parey, Berlin- Hamburg (1987).
15. JR Sargent JR: Fish oils and human diet Br j Nutr. 1997, 78 suppl. 1.S5-13
16. Huisman, E. A: Optimalisering van de groeibijkarper (Cyprinuscarpiol.) Dissertative Wageningen, (1974) 95PP.

17. Bohl Martin: Zucht und Produktion von Süßwasserfischen/ M. Bohl. Unter Mitarb. Von: P.Bach-2.: Landwirtschaft; Wien: Österr. Agrarverl.: Wabern: Büchler Grafino,1999
18. www.TutorVista.com
19. Bohl, M.: Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. DLG- Verlag- GmbH, Frankfurt am Main (1982).
20. Gerald Smith& Ralph Stearley: The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts Fisheries, 1989 - Taylor & Francis,volume 14, Issue 1, 1989
21. Greenwood,D.E. Rosen,S.H. Weitzmann & G. Meyers: Phyletic studies of teleostean fisches with a provenisional classification of living Forms. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 131 (1966). 339-456.
22. Andrews, S.M; R.S Miles& A. D. Walker (eds.): Problems of Vertebrate Evolution. Linn. Soc. Symp. Ser. No.4. Academic Press, London 1977
23. Berg, L.S.: System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische. 2 Aufl. (A: N: Svetowidow) Dt. Verl. Wiss.; Berlin 1958.
24. Greenwood,R.S. Miles&C. Patterson. Interrelationships of Fishes. Zool.J.Linn. Soc.53, Suppl. 1, Academic Press, London 1973
25. Henning, W.: Phylogenetic Systematics. Univ. Illinois Press,Urbana, Chicago London 1966.Paryeys Studientexte 35, Berlin u. Hamburg 1984
26. Ladiges , W ., und Vogt , D. (1965): Die Süßwasserfische Europas.Verlag Paul Pary
27. Richter, C. J. J., Eding, E. H. and A. J. Roem: 17a Hydroxy-Progesterone-in – duced breeding of the African cat fish, Clariasgariepinus (Burchell), without priming with gonadottropin; Aquaculture 44(1985): 285-293
28. Richter, C. J. J. and B. Cattel: A new way to standardize fish breeding. Fish Farming International 12(9),(1985): 14-15
29. Yamamoto, T.: Physiology of fertilization in fish egg. Intern. Rev. Cytol.12(1961):361-405

30. Alaska- Tierwelt: Der Lachs www.alaska-info.de/landleute/tierwelt/alaska
31. Orientierung / Definition: www.referate.de/p/referate/02/66667.htm
32. Schmiedlau, F., Einführung in die Sinnesphysiologie, Stuutgart 1987
33. Spannhof, L., Einführung in die Fischphysiologie, Hamburg 1995
34. Varju, D., Mit den Ohren sehen und den Beinen hören – Die spektakulären Sinne der Tiere, München 1998
35. Langenbrink Nora, Das Phänomen der Lachswanderung unter dem Aspeckt der Lachsorientierung ,Facharbeit, Biologie GK 12.2, 2004
36. Waterman T.H.: Der Innere Kompass, s.56 Sinnesleistungen wandernder Tiere, Heiddberg 1989.
37. Rothbard, S.: Practical massculture of the rotifer (Brachionus plicatilis M.). In: E.A. Huisman and H.H agendoorn (Eds.), EIFAC Workshop on Mass Rearing of Fry and Finger lings of Fresh Water Fishes. EIFAC Tech. Pap.35, Suppl.1(1980):194-202
38. Childerhose R. J., Trim M.: Pacific Salmon. Douglas & Mc Intyre Ltd., Vancouver- Toronto (1981).
39. Lukowicz, M.v.: Aufzucht von Aalen in Warmwasser Kreislaufanlagen. Fischer & Teichwirt 112 (1987),385-386.
40. Steffens, W., H. Jahnichen: Erfahrungen mit der Vermehrung von Störhybriden. Fischer & Teichwirt 117 (1992), 248-251.
41. Lukowicz, M.v.: Aufzucht von Aalen in Warmwasser Kreislaufanlagen. Fischer & Teichwirt 112 (1987),385-386.
42. Steffens, W., H. Jahnichen: Erfahrungen mit der Vermehrung von Störhybriden. Fischer & Teichwirt 117 (1992), 248-251.
43. Lelek, A.: The Fresh water Fishes of Europe. Vol.9: Threatened Fishes of Europe. Au-LA-Verlag, Weisbaden (1987).
44. Stephan Lück: Tierversuche, Tierschutz- Eine Priorität, Zucht Lachs- Stark belastet 2003.

45. Stephan, Lück: Tierversuchsfreie Forschungs- Methoden gefordert Quelle: Arzte gegen Tierversuch.
46. Ein Haufen Infos rund um den Axolotl ist ein Ein - Mann Projekt von Stephan Bürger: http:// axolotl.Profi forum.de.
47. Moyle,P.B., &J. J: Cech, jr.:Fisches: an Introduction to Ichthyology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.1982.
48. www. Alles-fisch.at
49. Krkosek M., Lewis M. A, Morton A., Frazer, L. N., Volpe, J. P.: Epizootics of wild fish induced by farm fish. Proceedings of the. National (2006): Academy of Sciences, 15506-15510, October, 7, 2006, vol.103, no. 42.
50. Landes-Fischereiverband Baden- Württemberg e.V. Wolfgang Reuther, www.fvbw.de/100.ohtml.
51. Wolf, K., C. E. Smith: Herpes virus salmonis: Pathological Changes in parenterally- infected rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson, fry.J.Fish Dis.4 (1981), 445-457.
52. Bootsma, R.: Transmission experiments with pikefry (Esox Lucius L.) Rhabdovirus. J. Fish Biol. 7 (1975), 269-276.
53. Hoffmann, R., C. Pfeil- Putzien, H. Dangschat, M. Vogt: Untersuchungen zur Pathogenese der viralen hämorrhagischen Septikämie (VHS) bei Regenbogenforellen (Salmo gairdneri). Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.92 (1979), 180-185.
54. Hili, B. J., K. Way: Serological classification of factious pancreatic necrosis (IPN) virus and other aquatic brina viruses. Ann. Review of Fish Dis. 5 (1996), 55-77.
55. Nach einem Artikel von Dr. Grit Bräuer in „Fischer & Angler in Sachsen, 2004.
56. Foscarini, R.: Induction and development of bacterial gill disease in the eel (Anguilla japonica) experimentally infected with Flexibacter columnaris: Pathological changes in the gill vascular structure and Cardiac performance. Aquaculture 78 (1989), 1-20.
57. Griffin, B. R.: A simple procedure for identification of Cytophaga columaris. J. Aquat. Animal Health 4 (1992), 63-66.

58. Rucker, R. R.: Redmouth disease of Rainbow trout (Salmo gairdneri). Bull. of int. Epiz. 65 (1966), 825-830.
59. Bruno, D., T. S. Hastings, and A. E. Ellis: Histopathology, bacteriology and experimental transmission of cold- water vibriosis in Atlantic salmon Salmo salar. Dis. Aqu.Org.1 (1986), 163-168.
60. Bernoth, E.-M.: Screening for the Fish Disease Agent Aeromonas salmonicida with an Enzyme- Linked Immunosorbent Assay (Elisa). Journ. of Aqu Anim. Health 2 (1990), 99-103.
61. Pfeil- Putzien, C., R. Hoffmann, W. Popp, M. Schauer: Zur Verbreitung der Bacterial Kidney Disrase (BKD) der Salmoniden in der Bundesrepublik Deutschland. Zbl. Vet. Med. B32 (1985), 541-547.
62. www.chemieunterricht.de/dc2/milch/**lipide**.htm
63. Taschenatlas der Biochemie, Jan Koolman, Klaus Heinrich Röhm, 3. Auflage 2002, Georg-Thieme Verlag
64. Biochemie & Pathobiochemie, Löffler, Petrides , 7. Auflage 2003, Springer Verlag
65. Biochemie, Berg/Tymoczko/Stryer, 5. Auflage 2003, Spektrum Akademischer Verlag
66. Biochemie des Menschen, Horn, 2. Auflage 2003, Georg- Thieme Verlag
67. www.referate/o.com/referate/Biologie/21/Fette- reon.php
68. www.megru.uzh.ch/j3/downloads/endo/**lipids**toffwechsel.pdf
69. Innere Medizin, Greten/Schettler , 11. Auflage 2002, Georg-Thieme Verlag
70. Reichwald Irene: European Journal of Lipid Science and Technology Volume 78, Issue 8, pages 324-334, 1976.
71. Simopoulos A. P.: Overview of evolutionary aspects of n3 fatty acids in the diet. World Rev. Nutr. Diet 83 (1998c): 1-11.
72. Burr G. O, Burr M. M; A new deficiency disease produced by rigid exclusion of Fat from the diet. J. Biol. Chem. 82 (1929): 345-367.
73. Uauy R., Peirano P, Hoffman D, Mena P, Birch D, Birch E: Role of essential fatty acids in the function of the developing nervous system. Lipids_31 (1996): 167-176.

74. Hansen A. E, Wiese H. F, Boelsche A. N, Haggard M. E., Adams D. J. D., Davies H: Role of linoleic acid in infant nutrition: Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. Pediatr.31 (1963): 171-192.
75. Caldwell M. D, Johnsson H. T. Othersen H.B.: Essential fatty acid deficiency in an infant receiving prolonged parental alimentation. J. Pediatr. 81(1972): 894-898.
76. White H. B, Turner M. D., Turner A. C., Miller R. C.: Blood lipid alterations in infants receiving intravenous fat-free alimentation. J. Pediatr. 83 (1973): 305-313.
77. Crawford M. A., Gale M. M., Woodford M.H.: Linoleic acid and linolenic acid elongation products in muscle tissue of Syncerus coffer and other ruminant species. Biochem. J. 115 (1969): 25-27.
78. Crawford M. A: Gale M. M., Woodford M. H., Casped N. M.: Comperative studies on the fatty acid composition of wild and domestic meat. Int. J. Biochem.1 (1970): 295-305.
79. Crawford M. A., Williams G., Hassam A. G.: Do developmental periods of high demand outs trip the rate of desaturation? A reduction in milk arachidonic acid with successive, short birth intervals. Prog. Lipid Res. 25 (1986): 413-415.
80. Leat WMF, Baker J.: Distribution of fatty acids in the Plasma lipids of herbivores grazing pasture: a species comparison, Comp. Biochem. Physiol. 36 (1970): 153-161.
81. Rouvinen K, Kiiskinen T.: Influence on dietary fat source on the body fat composition of mink (Mustela vison) and blue fox (Alopex lagopus). Acta Agric. Scand. 39 (1989): 279-288.
82. Käkelä R., Hyvärinen H.: Composition of polyunsaturated fatty acids in the liver of fresh water and marine ringed seals (Phocahispida ssp.) differs largely due to the diet of the Seals. Comp. Biochem. Physiol. 120B (1998): 231-237.
83. Wolfram G., Bedeutung der n3 Fettsäuren in der Ernährung des Menschen. Ernährungs-Umschau 36 (1989): 319-330.
84. Erasmus, U.: Fats that heal, fats that kill, Alive Books, Burnaby (Kanada), 1993
85. Enig, M.: Know your fats. Bethesda, Silver Spring 2001

86. www.mercola.com/forms/coconut_oil.htm
87. Kasper, H.: Ernährungsmedizin und Diätetik Urban & Fisher, München 2000
88. Lehninger AL, Nelson Dl, Cox MM., Prinzipien der Biochemie. Sepktrum Verlag, Heidelberg (1982).
89. Pond C. M.: The Fats of Life. Cambridge University Press, Cambridge (1998).
90. Erasmus, U.: Fats that heal fats that kills. Alive Books, Burnaby (Kanada) 1993
91. Pond C. M.: The Fats of life. Cambridge University Press, Cambridge 2003
92. Strunz U., Jopp A.: Fit mit Fett. Heyne, München 2002
93. Gurr M. I. et al.: Lipid Biochemistry. Blackwell Science, Oxford 2002
94. Calder P.C.: Brazilian Journal of Medical and Biological Research 36:433.2003
95. Reddy S. et al.: European Journal of clinical Nutrition 48(1994):358.
96. Caggiula A.W., Mustad, V. A.: American Journal of Clinical Nutrition 65(1997): 1597.
97. Uauy R. D. et al.: Pediatric Research 28(1990):485.
98. T. A., Reddy S.: Journal of Pediatrics 120(1992):571.
99. Simopoulos, A.P.: Journal of the American College of Nutrition Sanders 21(2002):495.
100. Sanders, T.A.B.: Variability in requirement for docosaheaenoic acid. Summer Meeting, British Nutrition Society, London, Vortrag 10.7.2003
101. Berger J., Wagner, J.A. Diabetes Technology and Therapy4(2002):163.
102. Berge. R. K.et al.: Current Opinion in Lipid logy 13(2002):295.
103. Kersten S.: Europan Journal of Pharmacology 440(2002):223.
104. Lafitte B.A., Tontonoz, P.: Current Atherosclerosis Report4 (2002):213.
105. Gerster H.: International Journal of Vitamin Research 68(1998):159.
106. Sanders, T.A.B.: Variability in requirements for docosaheaenoic acid. Summer Meeting, British Nutrition Society, London, Vortrag 10.7.2003
107. Crawford M, A., and Williams G., Hassam A. G.: Do developmental periods of high demand outs trip the rate of desaturation? A reduction in milk arachidonic acid with successive, short birth intervals. Prog. Lipid Res. 25 (1986): 413-415.
108. Schubert R.: Untersuchungen über das Fettsäuremuster im Depotfett und Milchfett von heimischen Wildtierarten. Dissertation LMU München (1969).

109. Mensink R. P., Katan M. B.: Effect of dietary Tran's fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. New England J Med 323(1990):439

110. Merrill A. H. Jr, et al.: Sphingolipid metabolism: Roles in signal transduction and distruption by fumonisins. Environ Health Perspect 109(Suppl.2)(2001): 283

111. Pond C.M.: The fats of life, Cambridge University Press, Cambridge2003

112. Bell G. J. et al.: Journal of Nutrition 131(2002):1535.

113. John D. Castell: Fatty Acid Metabolism In Juvenile Lobsters (Hormarus Americanus) Fed A Diet Low In Methionine And Histidine, Proceedings of the World Mariculture Society; Vol.10 Issue 1-4 (1979): 720-727.

114. Belitz H-D., Grosch W., Schieberle P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 5.Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York(2001)

115. Steffens und Albrecht: Archives of Animal Nutrition vol. 45, Issue 3 (1993): 189-210.

116. Conolly J. D., Hill R. A.: Dictionary of terpenoids. Chapman and Hall, London(1991)

117. Considine D. M., Considine G. D.: Foods and food production encyclopedia. Von Nostrand Reinhold, New York(1982)

118. Elmadfa I., Leitzmann C.: Die Ernährung des Menschen, 4.Aufl. Ulmer, Stuttgart(2004)

119. Gerster H.: International Journal of Vitamin Research 68(1998): 159.

120. Leonard, W. R.: Food for throught. Scientific American, Special Edition: New look at human evolution.62.2003

121. Cordain L. et al.: World Reviews of Nutrition and Diet 90(2000):144

122. Gerster H.: International Journal of Vitamin Research 68(1998): 159.

123. Lorgeril M., Salen P.: Alpha-linolenic acid and coronary heart disease (review). Nutr Metab Cardiovasc Dis; 14(2004): 162-169.

124. Bielenberg J.: Omega-3-Fettsäuren in Prävention und Therapie. Österreichische Apotheker Zeitung: Nr. 12(2001): 568-575.

125. Gröber U.: Orthomolekulare Medizin, Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte; 2. Auflage, Wiss. Verl.- Ges., 2002.

126. Dietl H., Ohlenschläger G.: Handbuch der orthomolekularen Medizin, 2. Auflage, Haug Verlag, 1998.

127. Kromhout P., E. B. Bosschieter et al.: The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. N. Engel. J. Med. 312 (1985), 1205-1209.

128. Fuhrmann W. 2003. Reduktion des plötzlichen Herztodes durch Omega-3-Fettsäuren in der Sekundärprävention des Myokardinfarktes. Journal für Kardiologie 2003; 10 (11), 504-508.

129. Pfeuffer,M. 1997. Bedeutung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in der Ernährung. Fette in der Ernährung. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Köller Druck+ Verlag GmbH. Bonn 1997. Heft 464. S. 35-67

130. Kogler,K. 2005. Essenzielle Omega-3-Fettsäuren – eine Übersicht. Phytotherapie Nr. 3

131. Ruxton CH, Reed SC, Simpson MJ, Millington KJ (2004) The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. Hum Nutr Diet 2004: 17:449–459

132. Arbeitskreis Omega-3 (2002) Bedeutung undempfehlenswerte Höhe der Zufuhr langkettiger Omega-3-Fettsäuren. Ein Konsensus des Arbeitskreises Omega-3. Ernährungs Umschau 49: 94–98

133. Wehrmüller K., A. Schmid u. B. Walther (2008):

Omega-3 Fettsäuren genau betrachtet Alimenta 10, 32-33

134. Von Schacky, C. (2007b): Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease Curr Opin Clin Nutr Metab Care 10, 129-135

135. Geelen A, Brouwer A, Schouten EG (2005): Effects of n-3 fatty acids from fish on premature ventricular complexes and heart rate in humans. Am J Clin Nutr 81: 416–420

136. Milte CM, Coates AM, Buckley JD et al. (2008) Dose-dependent effects of docosahexaenoic acid-rich fish oil on erythrocyte docosahexaenoic acid and blood lipid levels. Br J Nutr 99: 1083–1088

137. "Fish, meat, and risk of dementia: cohort study" in the British Medical Journal, 2002(http://www. Pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=130057).

138. Institut für Organischen Chemie II Akad. O Rat Dr. Otto Vostrowsky-Universität Erlangen Deutschland

139. Deutsches Arzneibuch 1996. Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart Dietrich Jentsch

140. Ulrike Gonder: Fett! Unterhaltsames und Informatives über fette Lügen und mehrfach ungesättigte Versprechungen- Hirzel Verlag 2004 S

141. Robert Ebermann, Ibrahim Elmadfa.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung, 2008, Springer-Verlag/Wien

142. Gunter Metz.: Omega-3-Fettsäuren. Eine Standortbestimmung zum Millennium

143. Rudolf W. Hoffmann.: Fischkrankheiten, 2005 Eugen Ulmer KG. Stuttgart

144. www.news-medical.net

145. www.TutorVista.com

146. Uauy et al: 1976 Role of Essential Fatty Acids in the Function of the Developing Nervous System. Lipids 31, S-167-S-176 (1996).

147. Holman RT(1964): Nutritional und metabolische Zusammenhänge zwischen Fettsäuren Säuren . Fed. Proc. 23:1062-1067

148. Aleryani Sl et al: Clin Chim Acta 2005, 359,141; Politi et al, Anal Biochem.2007, 368, 1.

149. Bierman U et al., Angew. 2000, 39, 2206.

150. Carlsson AS, Biochemie 2009, 91,665.

151. Leonard AE et al., Prog Lipid Res.2004, 43, 36.

152. D. Abbott, R. S. Andrews: Chromatographische Methoden Umschau Verlag Breidenstein KG, Frankfurt am Main Erscheinungsjahr 1973

153. Gottwalt/ Paff physikalisch- chemisches Praktikum VCH Verlag GmbH

154. Gaschromatographie- Grundlage/ Anwendung/ Methoden Frankh´sche

Verlagshandlung Stuttgart Erscheinungsjahr 1968

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit bestand aus dem Vergleich des Fettsäureprofils wildlebender Fische mit jenem ihrer gezüchteten Artgenossen. Zusätzlich erfolgt auch eine Gegenüberstellung von Atlantischen Lachs und Eismeersaibling**.** Die untersuchten Fische stammten österreichischer Aquakultur. Der Hauptanteil der Untersuchungen war ein Vergleich von Atlantischen Lachs im Laufe der Aufzucht bei spezieller Fütterung. Weiteres wurde das Fettsäuremuster in verschiedenen Gewebeproben der Fische bestimmt.

Im Zuge der Probenaufarbeitung wurden die Fische enthäutet, filetiert und einer Gefriertrocknung unterzogen. Das Material wurde fein gemahlen und danach direkte Extraktionen zugeführt. Aus den extrahierten Triglyceriden wurden durch Umesterung mit methanolischer Kalilauge die Fettsäuremethylester gebildet. Diese Verbindungen wurden dann der gaschromatographische Trennung zugeführt, wobei die Abstimmung des Systems im Vorfeld überprüft und vor allem im Hinblick auf die Untersuchung von langkettigen hoch ungesättigten Verbindungen optimiert wurde. Die Identifizierung der einzelnen Fettsäuren gelang mittels Kopplung Gaschromatographie/ Massenspektrometrie.

Es zeigte sich, dass durch die spezielle Fütterung der Anteil an hochungesättigten Fettsäuren bei den Zuchtfischen größer war im Vergleich zu dem Anteil bei wildlebenden Fischen (Literaturwerte).

Die Ergebnisse dieser Untersuchen sollen als Grundlage für eine langfristige und flächenüberdeckende Fettsäuremusterbestimmung von dem in Österreich gezüchteten Alpenlachs dienen.

Summary

The aim of this work consisted of the comparison of the fatty acid profile of wild fish with that of their farmed cousins, in addition by comparison of Atlantic salmon and Eismeersaibling. The investigated fish originated Austrian aquaculture. The main part of the investigations was a comparison of Atlantic salmon in the course of rearing with specific feeding. Furthermore, the fatty acid patterns in various tissues of the fish determined.

As part of the sample preparation, the fish were skinned, filleted and a freeze-drying. The material was finely ground and then extracted. From the extracted triglycerides fatty acid methyl esters were formed by transesterification with methanolic potassium hydroxide. These compounds were then analyzed by gas chromatographic separation, with the voting system in advance, and especially in relation to the investigation of long chain highly unsaturated compounds has been optimized. The identification of individual fatty acids was done by gas chromatography coupled with mass spectrometry.

It was shown that through the special feeding the amount of high unsaturated fatty acids in farmed fish was greater in comparison to the proportion of wild fish (literature values).

The results should serve as a basis for long-term determination of fatty acid pattern of the Austrian Alpenlachs.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Suzy AWAD
Geburtsdatum:	19.05.1965
Geburtsort:	Kairo/ Ägypten
Familienstand:	verheiratet (2 Kinder *2002, *2003)
Adresse:	1030 Wien, Lechnerstr. 2-4/7/79
Staatsbürgerschaft:	Österreich

Ausbildung

1983	Abschluss des Bundesgymnasium Kairo in Ägypten (mit Matura)
1983- 1991	Universität Ain Shamas Ägypten Studium der Biologie abgeschlossen mit Bakkalaureat

Beruflicher Werdegang

09/13 bis laufende	Firma ELM Fahrtendienst
06/12-07/13	Firma ÖHTB Fahrtendienst
07/11-11/11	Lagermitarbeiterin, Mode Geschäft
06/10-8/10	Servicekraft, Restaurant INIGO, 1001 Wien 2010
2010	Angestellte bei Trend Werk
1994-1996	Lehrerin für Englisch, El Engelia, private Grundschule ,Kairo Unterricht für die fünfte und sechste Klasse
1991-1993	Nachhilfelehrerin für sozial Benachteiligte, Kairo

Berufliche Weiterbildung:

2008	Berufsorientierung für Frauen Phönix Project
2007	Universität Wien Studium der Biologie abgeschlossen mit Bakkalaureat
2007- 2013	Diplomarbeit: Institut für Zoologie und Institut für Organische Chemie
2006-2007	EBC*L- Europäischer Wirtschaftsführerschein für

2006	bfi Wien: Kommunikation, EDV
2007	BFI Wien Kommunikation, EDV
	Migrantinnen- Neue Horizonte
2004	Studienzweig: Zoologie
2003	Studium Biologie, Universität Wien
1996- 2000	Lehrerin für EDV, DarElsaada Experiment,
	öffentliche Grundschule ,Kairo
	Unterricht für die Oberstufenschüler im Multimedia Lab:
	Word; Excel, Internet

Besondere Kenntnisse

Sprachen:	Arabisch (Muttersprache)
	Deutsch (sehr gut)
	Englisch (verhandlungsfähig)
	Französisch (maturaniveau)
EDV:	MS Office (word, excel, internet)