

SCHWEIZER FISCH AUS ÖKOLOGISCHER ZUCHT EIN WEGWEISER ZUR EIGENEN FISCHPRODUKTION



Martina Kunz & Andreas Graber

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Fachstelle Ökotechnologie, Grüental, CH - 8820 Wädenswil

www.unr.ch, www.aquaponic.ch

Tel. +41 58 934 59 28, andreas.graber@zhaw.ch

Mai 2007

INHALTSVERZEICHNIS

1	FISCHZUCHT – EIN GROSSES POTENTIAL	1
2	VISION EINER ÖKOLOGISCHEN FISCHZUCHT	4
3	TYPEN VON FISCHZUCHTANLAGEN	5
	3.1 Netzgehege	5
	3.2 Durchflussanlagen	7
	3.3 Teichsysteme	9
	3.4 Kreislaufanlagen	10
	3.5 Aquaponic	12
	3.6 Vergleich der Systeme	15
4	KOMPONENTEN	16
	4.1 Fischbecken	16
	4.2 Filtersysteme	16
	4.3 Belüftung	17
	4.4 Heizung	18
	4.5 UV-Desinfektion	18
5	FISCHPRODUKTION	20
	5.1 Rahmenbedingungen	20
	5.2 Besatzdichte	21
	5.3 Fischmonitoring	21
	5.4 Fischfutter	22
	5.5 Fütterung	23
	5.6 Wasserqualität	25
	5.7 Markt und Verarbeitung	28
6	BIOLOGIE DER FISCHE	30
	6.1 Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)	30
	6.2 Bachforelle (<i>Salmo trutta fario</i>)	32
	6.3 Regenbogenforelle (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	33
	6.4 Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	34
7	GESUNDHEIT UND FISCHKONSUM	36
	7.1 Fette und magere Fische	36
	7.2 Proteine	36
	7.3 Vitamine	37
	7.4 Mineralstoffe	38
	7.5 Spurenelemente	39
	7.6 Omega-3-Fettsäuren	40
	7.7 Einkauf und Zubereitung von Fisch	40
	7.8 Schadstoffe in Fischen	41
	7.9 Welcher Fisch ist besonders vorteilhaft?	42
8	WEITERE INFORMATIONEN	43
	8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen	43
	8.2 Weiterbildungsangebote	44
	8.3 Nützliche Links	45
9	LITERATUR UND QUELLEN	46

1 FISCHZUCHT – EIN GROSSES POTENTIAL

Fisch ist gesund!

Der Schweizer Konsument isst gerne Fisch, nicht zuletzt auch weil er sich der positiven Nebeneffekte des Fischkonsums bewusst ist. Fisch gilt als leicht bekömmlich und enthält wertvolle Vitamine sowie Omega-3-Fettsäuren und Spurenelemente. Im Menuplan sollte Fisch deshalb mindestens 1-2 mal pro Woche enthalten sein.

Fischproduktion in der Schweiz

Einheimische Fische wie Felchen, Egli und co. erfreuen sich grosser Beliebtheit. Das Angebot an Schweizer Fisch deckt jedoch mit rund 3'100 Tonnen pro Jahr nur rund 6 % des gesamten Fischkonsums, der 48'000 Tonnen und somit 6.5 kg pro Kopf beträgt (BAFU 2005). Die Inland-Fischproduktion setzt sich zusammen aus Fängen der Berufsfischerei (1'475 t), Angelfischerei (434 t) sowie der Produktion in Fischzuchten (1'200 t). Felchen und Barsch (Egli) stellen den grössten Anteil am Fangertag der Berufsfischer dar. In den Fischzuchten dominiert die Regenbogenforelle mit rund 1'100 Tonnen pro Jahr als die am meisten gezüchtete Art (BAFU 2003/4).



Abb. 1: Der Flussbarsch (Egli) ist einer der beliebtesten Speisefische in der Schweiz – rund 90% des Angebots wird importiert.

Aquakultur weltweit

Rund 94 % der konsumierten Fische werden aus dem Ausland importiert. Zwei Drittel des Fischkonsums sind Meeresfische. Dies ist insofern mit einem bitteren Beigeschmack behaftet, weil die Welternährungsorganisation FAO rund 70 % der kommerziell genutzten Fischbestände als «ausgebeutet» oder «überfischt» klassifiziert. Rund 20 % der in der Schweiz konsumierten Produkte aus dem Meer, vor allem Lachs und Crevetten, stammen aus Aquakulturen. Aquakultur ist ein Überbegriff für die kontrollierte Aufzucht von aquatischen, also im Wasser befindlichen, Organismen. Dies sind nebst Fischen auch Muscheln, Krebstiere und Pflanzen, insbesondere Algen. Klassisch und auf dem europäischen Festland am meisten verbreitet sind Aquakulturanlagen in fliessenden oder stehenden Gewässern unter freiem Himmel (Teichwirtschaft). Dieser Wirtschaftsbereich hatte in den letzten Jahren einen immensen Aufschwung zu verzeichnen. Innerhalb der letzten 50

Jahre ist der Anteil der Aquakultur an der Gesamtfischproduktion weltweit von 3 % (1950) auf über 34 % (2001) gestiegen. Angesichts der Überfischung der Meere und der schwindenden Erträge aus der Binnenfischerei wird international forciert geforscht, um die drohende Versorgungslücke durch gezielte Produktion in Aquakultur auszugleichen.

Die Aquakultur sieht sich jedoch auch mit einer Vielzahl von Problemen konfrontiert. Die heftigsten Diskussionen entstehen im Zusammenhang mit den Abwässern aus Aquakulturen, welche natürliche Ökosysteme gefährden, sowie mit dem Einsatz von Antibiotika und anderen Medikamenten. Aber auch die Futtermittelproduktion wird seitens der Umweltverbände stark kritisiert, da grosse Mengen an Fischen eigens für die Herstellung von Fischfutter gefangen werden. Ein weiteres ernstzunehmendes Thema ist der Beifang, bei welchem Meerestiere, die nicht das Fangziel darstellen, grösstenteils wieder über Bord geworfen werden, was die Tiere meist nicht überleben.

Und trotzdem: Der Fischkonsum in der Schweiz als auch weltweit wird in Zukunft weiter steigen. Innovative und nachhaltige Lösungen sind unter diesem Aspekt mehr als erwünscht!

Der Einstieg in die eigene Fischzucht

Unter diesen Voraussetzungen sollte es wirtschaftlich interessant sein, auch in der Schweiz Fische zu züchten. Für einzelne einheimische Fischarten wäre das Know-how in der Zucht bereits vorhanden. Eine effiziente Verarbeitung und Vermarktung der Fische ist jedoch erst ab einem Produktvolumen möglich, welches viele dieser Betriebe derzeit nicht erreichen. Schweizer Landwirte könnten aber als zusätzlichen Erwerbszweig Fische produzieren, die von etablierten Fischproduzenten verarbeitet und vermarktet würden.

Man darf nicht vergessen, dass jeder Neueinsteiger andere Voraussetzungen und Vorlieben mitbringt, was sich auf die Wahl des Produktionssystems und auch der Fische auswirkt. Während im einen Fall das Interesse eines Betreibers beispielsweise vor allem einer bestimmten Fischart gelten kann, ist in einem anderen Fall möglicherweise der Zeitaufwand der entscheidende Faktor. Aus diesem Grund ist es wichtig, jedes Konzept individuell auf den jeweiligen Betrieb abzustimmen.

Diese Broschüre soll zukünftigen Betreibern einer Anlage einen Einblick in die verschiedenen Systeme der Fischzucht ermöglichen. Sie soll eine objektive Grundlage bilden, um das für die persönliche Situation optimale

Betreibermodell zu finden. Im Kapitel 7 wird der Aspekt Gesundheit und Fischkonsum anhand verschiedener Fischarten ausführlich beschrieben, um Fischzüchtern Argumente für ihr Produkt zu liefern. Die Ausführungen beschränken sich hier nicht nur auf einheimische Fische, sondern erläutern auch die Unterschiede zu den fettreicheren Meerfischen, um das Spektrum des Nahrungsmittels Fisch vollständig aufzuzeigen. Die Ausführungen bieten einen Überblick in die Thematik und sind keinesfalls erschöpfend. Weitere Informationen sind im Internet verfügbar (siehe Kap. 8.3).

Aquaponic an der Hochschule Wädenswil

Die Hochschule Wädenswil entwickelt Aquaponic-Systeme zur Fisch- und Pflanzenproduktion (vgl. Kap. 3.5). Seit 1998 werden Anlagen mit Nährstoffverwertung entwickelt, in welchen die Abwässer aus der Fischproduktion zur Gemüseproduktion genutzt werden. Das für tropische Polykulturen konzipierte System wird laufend weiterentwickelt und ist nun auch auf einheimische Kaltwasserfische (Bachforelle, Egli) anwendbar.

Die Hochschule Wädenswil bietet Beratung ausschliesslich zu Aquaponic an, nicht aber zu den anderen in der Broschüre beschriebenen Systemen.

2 VISION EINER ÖKOLOGISCHEN FISCHZUCHT

Der Trend zu nachhaltigen Produktionsmethoden in der Nahrungsmittelindustrie ist nicht von der Hand zu weisen. Ganz im Sinne der nachhaltigen Entwicklung hat eine ökologische Fischzucht auch ökonomischen und sozialen Ansprüchen gerecht zu werden.

Ökologische Fischzucht bedeutet, dass die produzierten Fische artgerecht gezüchtet sind, eine einwandfreie Qualität aufweisen und somit den Ansprüchen der Konsumentinnen und Konsumenten an ein Schweizer Produkt entsprechen. Nur so ist Schweizer Fisch auch in Zukunft konkurrenzfähig zu dem immer grösser werdenden Angebot von importierten Fischerzeugnissen. Produkte Schweizer Herkunft haben bereits eine Art Labelcharakter und stehen bei Konsumentinnen und Konsumenten hoch im Kurs. Bei Fischerzeugnissen spielt im Vergleich mit Importware vor allem das Argument der Frische eine wichtige Rolle. Ein Angebot von wirklich frischem Fisch kann nur aus lokaler Produktion erfolgen.

Ein Eigenprodukt ist umso glaubhafter, je umfassender die Produktion lokal erfolgte. Im Idealfall wird schon der Jungfisch auf dem Betrieb gezüchtet. Das Fischfutter sollte möglichst wenig Fischmehl aufweisen, bei hohem Anteil an Pflanzen, die auf dem eigenen Betrieb oder in der näheren Umgebung angebaut wurden.

Ökologische Fischzucht heisst aber auch, dass bei der Produktion Wert gelegt wird auf Ressourcen schonende Methoden, welche einen minimalen Wasserverbrauch und eine integrierte Verwertung von Abfällen aufweisen. Es wäre zudem wünschenswert, dass in Zukunft der Energieverbrauch einer Fischzuchtanlage ganz oder teilweise durch erneuerbare Energien gedeckt und der Anteil der grauen Energie des fertigen Produktes (z.B. Transportwege) auf ein Minimum reduziert wird.

Mit der Förderung der Fischzucht in der Schweiz wird reagiert auf die grosse Nachfrage nach dem gesunden Nahrungsmittel und es werden zugleich neue Perspektiven in einem Wirtschaftszweig geschaffen, dessen Kernelement aus einheimischem Handwerk besteht. Den Fischzuchtbetrieben, die nach ökologischen Grundsätzen wirtschaften, wird in naher Zukunft ein zunehmender Stellenwert gebühren, da sie eine wichtige Rolle in der einheimischen Nahrungsmittelproduktion einnehmen.

3 TYPEN VON FISCHZUCHTANLAGEN

Bei den verschiedenen Aquakultursystemen unterscheidet man vier Hauptverfahren, die sich in der Praxis als die am meisten angewandten etabliert haben. Netzgehege-Systeme gelangen sowohl in der Marikultur (Aquakultur im Meer) zur Anwendung, als auch in grossen Seen Skandinaviens zur Zucht von Atlantischem Seelachs und Regenbogenforellen. Teichanlagen erfreuen sich in Deutschland und Polen grosser Beliebtheit und werden dort im grossen Stil betrieben. In der Schweiz stehen zur Forellenproduktion hauptsächlich Durchflussanlagen im Einsatz. Kreislaufsysteme sind hier noch relativ unbekannt und sind in Europa vor allem in den Niederlanden und Dänemark weit verbreitet, werden aber auch vermehrt in Deutschland zur Zucht von Süss- sowie Salzwasserorganismen eingesetzt. Aquaponic (Fischzucht mit integrierter Pflanzenproduktion) ist eine spezielle Ausführung einer Kreislaufanlage und wird in den USA und in Australien zur Produktion von Warmwasserfischen (z.B. Tilapia) eingesetzt.

In den folgenden Kapiteln werden die verschiedenen in der Praxis angewandten Betriebssysteme erläutert, sowie die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme beschrieben.

3.1 NETZGEHEGE

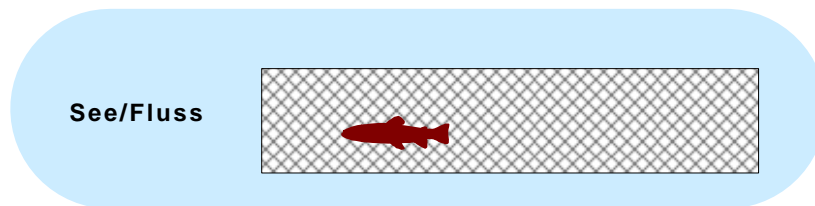
Englischer Begriff: Cage farming

Ein Netzgehege ist eine Anlage zur Fischzucht in offenen Gewässern. Dieses besteht aus einem schwimmfähigem Trägersystem und einem Netz, in dem die Fische gehalten werden. Diese Produktionsform setzt grössere natürliche oder auch künstlich angelegte Wasserreservoirs voraus. Für die Fischzucht in Netzgehegen sind optimale abiotische Faktoren (pH-Wert, Temperatur und Sauerstoffwerte) eine Grundvoraussetzung. Die langfristige Nutzung von Gewässern führt zur Notwendigkeit, umweltverträgliche Aufzuchtformen zu entwickeln und diese den Bedingungen des genutzten Wasserkörpers anzupassen (Projektträger Jülich 2002).

Netzgehege werden in Grössen bis 30 m Durchmesser und 15 m Netztiefe hergestellt. Ist die Anlage auch oben mit einem Netz verschlossen, lässt sie sich getaucht verwenden und so auch bei stärkerem Seegang sicher einsetzen. Mit geringen Investitionsaufwendungen, einfacher Bedienung und guter Bestandskontrolle ist eine relativ sichere Fischeaufzucht möglich. Unter idealen Bedingungen führt natürliche Strömung zu einem stündlich

mehrmaligen Wassertausch innerhalb der Gehege. Der sonst in der intensiven Fischproduktion notwendige Aufwand für Wasserbewegung und Sauerstoffeintrag kann entfallen (Fischtechnik Fredelsloh GmbH). Die Gehege können mit einem automatischen Fütterungssystem ausgerüstet sein.

3.1.1 Skizze



Seitenansicht, Skizze: HSW

3.1.2 Vorteile

- Geringe Investitionsaufwendungen
- Minimaler Energieverbrauch
- Produktion vieler verschiedener Fischarten
- Wasseraustausch durch natürliche Strömung

3.1.3 Nachteile

- Fischzucht ist Witterungs- und Umweltbedingungen ausgesetzt (Temperatur, Krankheiten, Arbeitsklima)
- Hoher Aufwand zur Reinigung und Instandhaltung der Netze
- Abwasser, Futterreste gelangen direkt in das Gewässer
- Entweichen von Fischen möglich (Verdrängung einheimischer Arten)

3.1.4 Anwendung, Fischarten

Wird im grossen Stil in der marinen Aquakultur angewendet, wie beispielsweise in schwimmenden Lachsgehegen in norwegischen Fjorden, aber auch in Seen (Tilapienzucht in Indonesien, Eglifarm von Perlac s.a. im Neuenburgersee).

Fischarten: Regenbogenforelle, Zander, Saibling, Lachs, Dorsch, Tilapia, Egli

3.2 DURCHFLUSSANLAGEN

Englischer Begriff: Flow-through systems

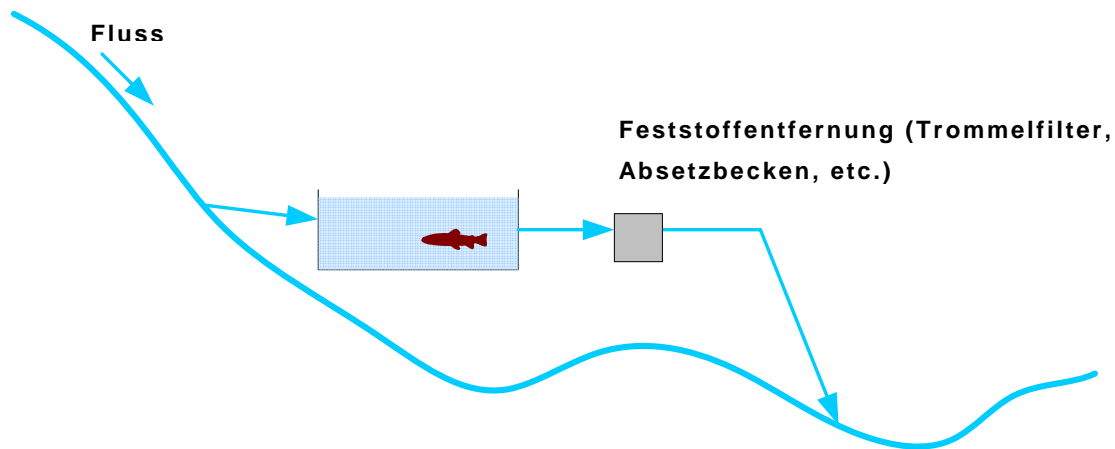


Abb. 2: Rundbecken-Durchflussanlage
(Quelle: Landwirtschaftskammer
Niedersachsen)

So werden Anlagen bezeichnet mit kontinuierlichem Wasserdurchfluss, in denen das Wasser nur einmalig genutzt wird und die Anlage nach wenigen Stunden wieder verlässt. Kreislaufanlagen mit einer täglichen Frischwasserzufuhr von grösser als 20 % des für die Aquakultur verwendeten Anlagenvolumens (Beckenvolumens) werden

ebenfalls als Durchflussanlagen bezeichnet. Bei den baulichen und betrieblichen Varianten von Durchflussanlagen wird zwischen Rinnen-Becken- und Siloanlagen unterschieden. Kaltwasserfische wie Forellen werden meist in Anlagen mit kontinuierlichem Wasserdurchfluss gezogen. Der hohe Wasserbedarf und die bei der Nutzung von Oberflächenwasser bestehende Gefährdung der Forellen durch den Temperaturverlauf im Jahresgang (mögliche Spitzenwerte von über 25° C) begrenzen diese Fischproduktion im Schweizer Mittelland. Häufig werden in diesen Anlagen Elemente zur Reinigung des Abflusswassers (mechanische Filter, Absetzbecken) und Sauerstoffeintragssysteme eingesetzt. Die spezifische Jahresproduktionskapazität wird in Tonnen pro Kubikmeter Tagesdurchfluss angegeben.

3.2.1 Skizze



Seitenansicht, Skizze: HSW

3.2.2 Vorteile

- Hohe Besatzdichten möglich
- keine Filtertechnik nötig, geringer bis kein Stromverbrauch
- Anlagen in beliebiger Grösse realisierbar, auch Kleinstbetriebe
- Hohe Betriebssicherheit, solange Zuflusswasser nicht verunreinigt wird

3.2.3 Nachteile

- Hoher Wasserverbrauch bedingt permanente Wasserquelle in stets guter Qualität
- Betriebsrisiko (hohe Wassertemperaturen, Verschmutzung Wasserquelle)
- Umweltbelastung durch nährstoffbelastete Abwässer
- Saisonale Produktion gemäss Umgebungsklima
- Reinigung des Ablaufwassers nötig

3.2.4 Anwendung, Fischarten

In der Schweiz werden die meisten Forellen in Durchflussanlagen produziert. Es gibt aber auch andere Zuchtssysteme wie beispielsweise das Projekt "Tropenhaus Frutigen". Dort soll durch den Tunnelbau der NEAT anfallendes warmes Bergwasser zur Produktion von Stör (Fleisch und Kaviar) und Tilapia genutzt werden.

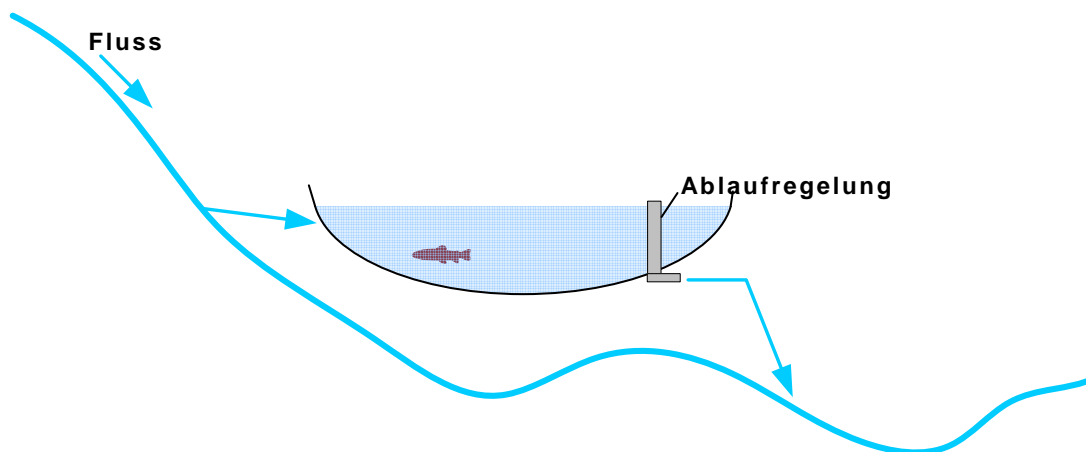
Fischarten: Regenbogenforelle, Saibling, Lachs

3.3 TEICHSYSTEME

Englischer Begriff: Pond systems

Bei Teichen handelt es sich um künstlich angelegte und vollständig ablassbare Gewässer mit regulierbaren Ein- und Ablassvorrichtungen. Karpfen werden seit dem Mittelalter in Warmwasser-Teichanlagen mit stehendem Wasser produziert. Karpfenteiche gelten als weitgehend geschlossene ökologische Systeme, die als Gewässer angesehen werden. In der Regel ist nur ein geringer Frischwasserbedarf erforderlich, um den Wasserverlust durch Versickerung und Verdunstung auszugleichen. Die Intensität der Bewirtschaftung reicht von naturnaher Teichwirtschaft (ohne Futterzugabe, Trockenfallen im Winter, Erträge bis 600 kg/ha/Jahr) bis hin zu intensiv betriebenen Teichen (Teiche mit Vollfütterung, Erträge bis 20 t/ha/Jahr). Die Karpfenteichwirtschaft ist auch heute noch ein gängiger Zusatzerwerb für Landwirtschaftsbetriebe in Deutschland und Österreich (Haas 1997). Die Anzahl produzierter Tonnen pro Hektar Teichfläche ergibt die spezifische Jahresproduktion.

3.3.1 Skizze



Seitenansicht, Skizze: HSW

3.3.2 Vorteile

- wenig Unterhalt notwendig
- geringer Frischwasserbedarf
- minimaler Energiebedarf, abhängig von der Bewirtschaftungsintensität (ev. Belüftung)
- bei extensiver Bewirtschaftung weitgehend eigenständiges Ökosystem
- Fische ernähren sich teilweise bis vollständig von Naturfutter (erfüllt Bio-Anforderungen am besten)

3.3.3 Nachteile

- hoher Platzbedarf
- tiefe Besatzdichten (erhöhte Besatzdichten erfordern Technikeinsatz)
- geringer Ertrag pro Landfläche setzt tiefe Flächenkosten voraus
- Artenwahl ist auf natürliche Teichfische eingeschränkt

3.3.4 Anwendung, Fischarten

Die grössten Karpfenproduzenten in der EU finden sich in Polen (ca. 20'000 t/Jahr), Tschechien (17'000 t/Jahr) und Deutschland (11'000 t/Jahr). In Bayern umfassen Hauptideerwerbsbetriebe mittlerer Grösse rund 65 ha, im Nebenerwerb 3 ha und der Betrieb eines Hobbyteichs wird auf eine Grösse von 0.4 ha geschätzt. (Winkel 2004).

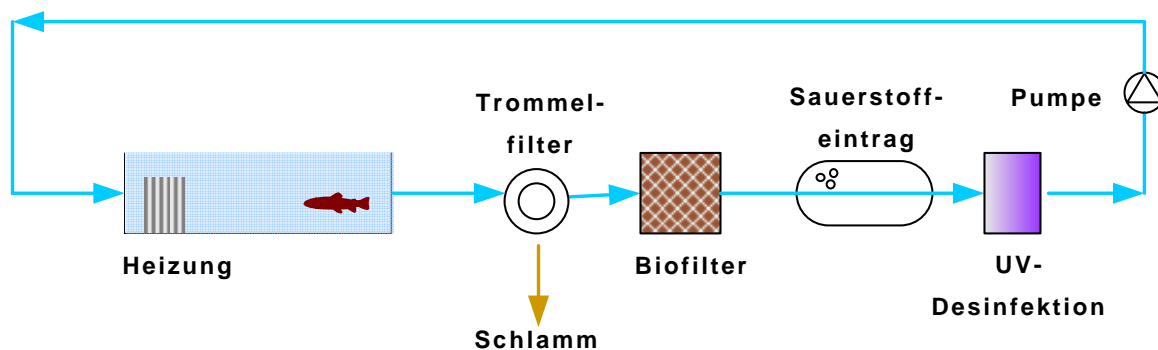
Fischarten: Karpfen, Schleie

3.4 KREISLAUFANLAGEN

Englischer Begriff: Recirculation Aquaculture Systems RAS

Kreislaufanlagen setzen auf eine umweltunabhängige Produktion in künstlichen Fischbecken. Das benötigte Wasser wird nach Aufbereitung mittels mechanischer und biologischer Filter wieder in die Haltungseinrichtung zurück gepumpt, so dass je nach Fischbesatz täglich weniger als 10 % des Anlagenvolumens durch Frischwasser ersetzt werden muss (Bundesministerium Österreich 2005). Je weniger Frischwasseraustausch nötig ist, desto tiefer sind die Betriebskosten bezüglich Wasser und Wärmeerzeugung. Der Betrieb von Kreislaufanlagen ist relativ unabhängig von den Umweltbedingungen am Standort, und obwohl die Technologie erst in den letzten 30 Jahren entwickelt wurde, findet sie heute schon weltweit Anwendung. Technologisch stellen Kreislaufanlagen die anspruchsvollste Form der Aquakultur dar. Sie sind kostenintensiv und stellen höchste Anforderungen an Prozesssteuerung und Betreiberwissen. Die hohen Investitionskosten erfordern eine Intensivproduktion mit hohen Besatzdichten und maximalen Wachstumsraten, die wiederum mit einem erhöhten Betriebsrisiko durch technische Störungen oder Krankheiten verbunden sind. Konventionelle Anlagen werden deshalb meist mit Desinfektionsstufen wie UV-Bestrahlung oder Ozonierung ausgerüstet (Skjølstrup et al. 2000, Moore 2003). Die spezifische Produktionskapazität ist gegeben durch die produzierte Fischmenge in Tonnen pro Kubikmeter Beckenvolumen und Jahr.

3.4.1 Skizze



Seitenansicht, Skizze: HSW

3.4.2 Vorteile

- Geschlossener Wasserkreislauf: geringer Wasserverbrauch, hygienische Kontrolle, Temperatur und somit Produktion ganzjährig und gezielt steuerbar
- Standortunabhängig
- Geringe Abwassermengen
- Hohe Besatzdichten
- Verkürzter Produktionszyklus, da Produktion bei optimalen physiologischen Bedingungen
- Wasserqualität vollständig kontrollierbar

3.4.3 Nachteile

- Hohe Investitionskosten bedingen hohe Fischdichten zur Erzielung einer Rentabilität
- Hohes Betriebsrisiko aufgrund anspruchsvoller Technik
- Artenwahl eingeschränkt auf Spezies mit hohem Marktwert, meist Raubfische
- Fischfutter benötigt meist hohen Anteil an Fischmehl und -öl, 100 % Zufütterung
- Hohe Betriebskosten (Heizung, Wasseraufbereitung, Wasserrezirkulation)
- Nährstoffe im Fischwasser werden nicht weiter genutzt

3.4.4 Anwendung, Fischarten

Die Technologie wird weltweit angewendet, in Europa v.a. in den Niederlanden und Dänemark im grösseren Stil. In Deutschland existieren 28 Kreislaufanlagen (Fischer & Teichwirt 2002), in der Schweiz finden sich nur wenige Betreiber.

Fischarten: Forellen, Aal, Tilapia, Afrikanische Welse (*Clarias*), Europäischer Wels (*Silurus*), Zander, Barramundi, Wolfsbarsch, Stör, Dorsch, Steinbutt, div. Meerfischarten

3.5 AQUAPONIC



Abb. 3: Versuchsbecken der HSW



Abb. 4: Pflanzenteil in Aquaponic (HSW)

Da die Produktion von Fischen mit einem grossen Nährstoffangebot im Abwasser zusammenfällt, macht es Sinn, mindestens eine der Reinigungsstufen mit einer Pflanzenproduktion zu koppeln. Das Aquaponic-System ist eine Spezialform einer Kreislaufanlage und beinhaltet die Zucht von Fischen (Aquakultur) und Pflanzen (Hydroponic) in einem kombinierten System, in welchem die im Fischwasser enthaltenen Nährstoffe genutzt werden.

Über einen Filter wird das Wasser aus dem Fischbottich in einen Behälter mit Blähton-Kugeln (Rieselfilter, vgl. Kap. 4.2) gepumpt. Darauf bilden

sich Bakterien, welche das Ammonium abbauen, das die Fische ausscheiden. Ammonium ist ein Stoff, der in der Natur beim Abbau von tierischen und pflanzlichen Eiweissen entsteht. Die Fische nehmen von den im Futter enthaltenen Nährstoffen nämlich lediglich einen Drittel auf, den Rest scheiden sie über Kot, Urin und Atmung wieder aus. Die Bakterien auf den Blähtonkugeln verwandeln das Ammonium aus dem Wasser in Nitrat, welches für die Fische ungiftig ist und ein für Pflanzen wichtiger Nährstoff darstellt. Fliesst das Wasser dann durch die Blähton-Schicht wieder zurück ins Fischbecken, erhalten die Fische gebrauchtes, aber gereinigtes Wasser. Der Kreislauf schliesst sich.

Die Fischdichte und die damit verbundene Futterbelastung der Anlage geben die Anlagendimensionierung vor. Im Normalfall wird die Anlage mit 5-10 % Frischwasserzulauf pro Tag betrieben, zusätzlich zur Wasserverdunstung der Pflanzen.

Pflanzenproduktion in der Aquakultur

Es existiert eine breite Palette von in Aquakulturen einsetzbaren Pflanzen. Trotzdem sollten bei der Auswahl gewisse Voraussetzungen der einzelnen Pflanzenarten beachtet werden. Eine zentrale Aufgabe der Pflanzen ist es, dem Wasser Stickstoff und Phosphor zu entziehen. Diese Voraussetzung erfüllen Starkzehrer wie Tomaten oder Schnittrosen besser als Pflanzen mit naturgemäss geringem Nährstoffbedarf wie Salate oder Spinatarten.

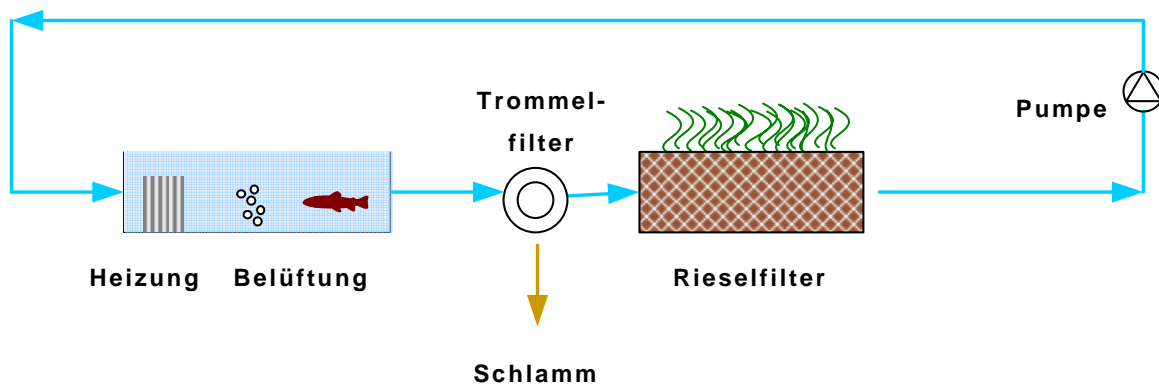
Tab. 1: Auswahl von Pflanzen für Aquakultur-Systeme

Pflanzenname	Botanische Bezeichnung	Verwendung			Anbausystem			
		Nutzpflanze	Zierpflanze	Futterpflanze	Gewürz	Rieselfilter	schwimmend	Topfpflanze
Wasserlinse	<i>Lemna minor / L. gibba</i>			x				
Zyperngras	<i>Cyperus alternifolius</i>		x			x		
Schnittrosen	<i>Rosa hybrida var. Sascha</i>		x			x		
Edelweiss	<i>Leontopodium alpinum</i>		x			x		
Wasserhyazinthe	<i>Eichhornia crassipes</i>		x	x			x	
Wassersalat	<i>Pistia stratiotes</i>		x	x			x	
Tomaten	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	x				x		
Auberginen	<i>Solanum melongena</i>	x				x		
Bergminze	<i>Satureja montana</i>	x				x		x
Goldmelisse	<i>Monarda didyma</i>	x				x		x
Echter Salbei	<i>Salvia officinalis</i>	x				x		x
Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	x			x	x		x
Basilikum	<i>Ocimum basilicum</i>	x			x			x
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i>	x						x
Wasserspinat	<i>Ipomoea aquatica</i>	x	x			x	x	
Roter Fingerhut	<i>Digitalis purpurea</i>	x	x			x		

Im Aquaponic-System muss ausserdem auf chemische Hilfsstoffe verzichtet werden, weshalb Schädlinge ausschliesslich auf biologischem Weg mit Nützlingen bekämpft werden können. In diesem geschlossenen Kreislauf empfiehlt es sich daher, krankheitsresistente Arten bzw. Sorten auszuwählen. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen Nutz- und Zierpflanzen. Je nach Pflanzenart ergeben sich verschiedene Anbauweisen, wie z.B. die direkte Bepflanzung von Rieselfiltern (System HSW), schwimmende

Filter von Pflanzen auf Styroporplatten, Topfpflanzen oder bepflanzte Bodenfilter (Pflanzenkläranlagen) zur Behandlung von Ablaufwasser aus Durchflusssanlagen. Die Anzahl Pflanzen ist direkt abhängig von der Menge des täglich verabreichten Fischfutters.

3.5.1 Skizze



Seitenansicht, Skizze: HSW

3.5.2 Vorteile

- Nährstoffverwertung durch Verwendung des Fischabwassers als Pflanzendünger
- Geringer Wasserverbrauch (ca. 200 x weniger als in Durchflusssanlage)
- Pflanzenproduktion zusätzlich zur Fischproduktion
- Keine Verwendung von Pestiziden und Herbiziden

3.5.3 Nachteile

(wie Kreislaufanlagen)

- Hohe Investitionskosten bedingen hohe Fischdichten zur Erzielung einer Rentabilität
- Hohes Betriebsrisiko aufgrund anspruchsvoller Technik
- Artenwahl eingeschränkt auf Spezies mit hohem Marktwert, meist Raubfische
- Fischfutter benötigt meist hohen Anteil an Fischmehl und -öl, 100 % Zufütterung
- Hohe Betriebskosten (Heizung, Wasseraufbereitung, Wasserrezirkulation)
- Fisch- sowie Pflanzenkenntnisse erforderlich
- Komplexes System erfordert grosses Know-how
- Gekoppeltes Produktionssystem erfordert geplanten Kombinationsbetrieb

3.5.4 Anwendung, Fischarten

Wird in Australien und den USA v.a. zur Zucht von Warmwasserfischen angewendet.

In der Schweiz hat die HSW im Aquaponic-Versuchsbetrieb Tilapia, Egli, Regen- und Bachforellen gezogen.

3.6 VERGLEICH DER SYSTEME

Die einzelnen Produktionsverfahren weisen wirtschaftlich sowie ökologisch Vor- als auch Nachteile auf. Bei der Auswahl eines Fischzucht-systems müssen diese entsprechend der Standortsituation gegeneinander abgewogen werden. Wird das Augenmerk vor allem auf den Aspekt der Ressourcenschonung gerichtet, fällt die Wahl am ehesten auf das Aquaponic-System, welches ein Recycling der Nährstoffe vorsieht und einen minimalen Wasserverbrauch aufweist. Ist der Raumbedarf vorhanden und wird Wert gelegt auf eine möglichst naturnahe Bewirtschaftungsweise bei geringem Arbeitsaufwand, dürfte die Teichanlage das favorisierte System sein. Durchflussanlagen sind in der Schweiz weit verbreitet und somit auch das dazu nötige Know-how für den Betrieb. Die hohen Besatzdichten bei geringen Investitionskosten und minimalem Stromverbrauch sind hier die Vorteile und müssen dem hohen Wasserverbrauch und dem ungenutzten nährstoffreichen Abwasser gegenüber gestellt werden.

Tab. 2: Gegenüberstellung von Produktionsverfahren in der Fischzucht

	Netzgehege	Durchfluss-anlage	Teich-anlage	Kreislauf-anlage	Aquaponic
Wasser-verbrauch	(Gehege im Gewässer)	hoch	gering	gering	gering
Stromver-brauch	kein	kein/gering	kein/gering	mittel/hoch	mittel/hoch
Standort-abhängigkeit	gegeben	gegeben	gegeben	keine	keine
Raumbedarf	gross	mittel/gross	mittel/gross	gering	gering
Besatzdichte	mittel	hoch	gering	hoch	mittel/hoch
Investitions-kosten	gering	gering	gering	hoch	hoch
Arbeitsauf-wand	gering/mittel	gering	gering	hoch	hoch

4 KOMPONENTEN

Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich nicht nur in ihrer Bauweise, sondern auch in der Komplexität bezüglich ihrer Komponenten. Je kontrollierter das jeweilige System, desto mehr Vorrichtungen technischer Art sind notwendig. Um die Systeme besser charakterisieren zu können folgt ein Überblick über die wichtigsten Komponenten.

Tab. 3: Übersicht über die Komponenten verschiedener Produktionssysteme

	Netzgehege	Durchfluss- anlage	Teich- anlage	Kreislauf- anlage	Aquaponic
Rieselfilter oder Tropfkörper	-	-	-	Ja	Ja
Wirbelseparator oder Trommelfilter	-	ev.	-	Ja	Ja
Sedimentation	-	ev.	Ja	-	-
UV-Desinfektion	-	-	-	Ja	Ja
Belüftung	-	ev.	ev.	Ja	Ja
Heizung	-	-	-	Ja	ev.

4.1 FISCHBECKEN

In der Teichwirtschaft ist der Fischteich weitgehend natürlich angelegt, d.h. die Form des Teiches entspricht der eines natürlichen Gewässers. Durchflussanlagen können als Becken-, Rinnen- und Siloanlagen ausgestaltet sein und sind Bauweisen, welche den Gewässerbegriff nicht erfüllen.

4.2 FILTERSYSTEME

Die wichtigsten Bestandteile des Ablaufwassers von Aquakulturen sind Phosphor- (P), Stickstoff- (N) und Kohlenstoffverbindungen (C), sowie eventuell weitere pathogene (krankheitserregende) und chemische Bestandteile. Diese liegen sowohl in partikulär gebundener, als auch in gelöster Form im Ablaufwasser vor. Je nach System werden unterschiedliche Anforderungen an die Reinigungsleistung und somit Abwasserqualität gestellt. Der Filter einer Durchflussanlage muss das Ablaufwasser auf Einleitqualität in Oberflächengewässer aufbereiten und somit eine hohe Konzentrationsdifferenz zwischen Zu- und Abfluss aufbauen. Die Qualität des rezirkulierten Wassers in Kreislaufsystemen hingegen muss lediglich

Fischhaltungswerte garantieren, womit der Konzentrationsunterschied von Zu- und Abfluss des zu reinigenden Wassers und die Aufenthaltszeiten relativ tief sind (typische Umwälzraten betragen 2 x das Gesamtvolumen pro Stunde).

Zur Reinigung des in Fischzuchten anfallenden Abwassers gibt es unterschiedliche Verfahren. Man unterscheidet Methoden der **mechanischen** (physikalischen) und der **biologischen** Abwasserreinigung. Zudem wird unterschieden zwischen der Entfernung gelöster und ungelöster Anteile.

Die **mechanischen** Verfahren (z.B. Spaltfilter, Bogensiebe, Trommelfilter, Wirbelseparator) bewirken primär eine Abtrennung und Rückhaltung der leicht entfernbaren ungelösten Anteile der Abwasserinhaltsstoffe und weisen systembedingt unterschiedliche Wirkungsgrade der Elimination auf.

Als **biologische** Abwasserreinigung wird der Abbau organischer Verbindungen (chemische Verbindungen mit einem Grundgerüst aus Kohlenstoff wie z. B. Eiweiss, Fette, Kohlehydrate) durch im Wasser lebende Mikroorganismen bezeichnet. Zur Entfernung gelöster Abwasserinhaltsstoffe eignen sich naturnahe biologische Verfahren wie bepflanzte Bodenfilter (Pflanzenkläranlagen). Beim **Tropfkörperverfahren** siedeln sich die Mikroorganismen auf einem fest stehenden Substrat an, welches ein grosses Verhältnis von Oberfläche zu Volumen aufweist und vom Wasser unter idealen hydraulischen Bedingungen angeströmt werden kann. Dabei wird das Wasser entweder über dem Tropfkörper verrieselt, wodurch das Wasser belüftet und die Reinigungsleistung noch erhöht wird, oder das Wasser wird durch einen untergetauchten Tropfkörper gepumpt. Tropfkörper werden hauptsächlich in Kreislaufanlagen verwendet und auch vereinzelt in Durchflussanlagen bei sehr hohen Reinigungsanforderungen. Der **Rieselfilter**, wie er im Aquaponic-System eingesetzt wird, ist eine spezielle Form des Tropfkörpers. Beim **Wirbelbettverfahren** wird ein Substrat mit hoher spezifischer Oberfläche in Form von z. B. Schaumstoffwürfeln oder Tonkugeln als Besiedelungsfläche für Mikroorganismen zur Verfügung gestellt. Mittels einer Aufwärtsströmung wird das Trägermaterial in Schwebelage gehalten - es entsteht ein Wirbelbett.

4.3 BELÜFTUNG

Atmungs- und Abbauprozesse von im Wasser lebenden Organismen haben eine Sauerstoffzehrung zur Folge. Ein natürliches Oberflächengewässer wird

via Eintrag aus der Atmosphäre mit Sauerstoff versorgt. In intensiv genutzten Aquakulturen wird Sauerstoff zusätzlich über entsprechende Eintragungssysteme künstlich zugeführt. Hierbei wird unterschieden zwischen der mechanischen Belüftung (Oberflächenbelüfter) und der Druckbelüftung mit Umgebungsluft oder Reinsauerstoff.

4.4 HEIZUNG

Fische sind wechselwarme Tiere, ihre Körpertemperatur passt sich schnell der Wassertemperatur an. Obwohl jede Fischart angepasst ist auf einen bestimmten Temperaturbereich, wachsen alle Fische schneller bei höherer Wassertemperatur. Das liegt darin, dass biologische Prozesse den Gesetzen der Biochemie folgen – bei 10 °C erhöhter Temperatur laufen chemische Prozesse rund zweimal schneller ab. Ein Fisch im wärmeren Wasser ist aktiver, verbraucht mehr Sauerstoff, verdaut schneller, muss mehr fressen und wächst somit auch schneller.

Ein schnelleres Wachstum macht sich besonders bezahlt bei hohen Infrastrukturkosten. Nur im geschlossenen Wasserkreislauf ist auch eine effiziente Wassererwärmung technisch realisierbar. Damit kann für jede Fischart die ideale Wassertemperatur eingestellt werden, bei welcher auch ein optimaler Futterquotient (vgl. Kap. 5.5) resultiert. Mit einer saisonal abgestuften Temperaturführung kann die Produktionszeit auch gezielt verlängert oder verkürzt werden.

Im Idealfall wird zur Beheizung Industrieabwärme genutzt. Da in der Schweiz kaum Wassertemperaturen über 25 °C erforderlich sind, kann auch Niedertemperatur-Abwärme eingesetzt werden, die nicht auf andere Weise genutzt werden kann. In Deutschland interessieren sich zunehmend Betreiber von Biomasse-Energieanlagen (Biogas, Holzschnitzel-Feuerungen) für Aquakultur.

4.5 UV-DESINFEKTION

Fische werden in Aquakultur in einer Dichte gehalten, wie sie natürlich nicht vorkommt. Ein natürliches Forellengewässer beispielsweise liefert einen Ertrag von rund 500 Kilogramm pro Hektar und Jahr. Nimmt man für ein solches Gewässer eine Wassertiefe von 1 m an, und dass jährlich ein Viertel des Bestandes abgefischt werden, beträgt die Fischdichte 0.2 kg/m³. In Aquakultur hingegen werden Forellen bei Fischdichten von 5 – 100 kg/m³

produziert. Dadurch fällt es Parasiten und Krankheitskeimen einfacher, einen Fischbestand zu befallen und schwere Ausfälle zu verursachen.

In Durchflussanlagen spielt die mikrobiologische Wasserqualität eine untergeordnete Rolle, weil das Wasser sehr rasch durch unbelastetes Zuflusswasser ersetzt wird. In Kreislaufanlagen hingegen besteht die Gefahr, dass sich pathogene Keime etablieren, die keine Auswirkungen auf die Fische haben, solange die Hälterungsbedingungen optimal sind. Bei einer Schwächung der Fische oder ausserordentlichem Stress kann innert kurzer Zeit ein Parasit geschwächte Fische infizieren und eine ganze Fischproduktion gefährden. In Kreislaufanlagen wird deshalb standardmässig eine Desinfektionsstufe eingebaut, welche das Wasser laufend entkeimt. Meist wird dies mit ultravioletter Strahlung erreicht, UV-Lampen sind kostengünstig und sicher im Betrieb. Zudem wird dabei ein natürlicher Prozess nachgeahmt: das UV-Licht der Sonne wirkt ebenfalls keimtötend, kann aber nur wenige Zentimeter tief ins Wasser eindringen.

Die HSW hat in ihren Versuchsanlagen bisher ohne Desinfektionsstufe gearbeitet, da in Aquaponic bewusst kein steriles Wasser angestrebt wird. Vielmehr soll sich entsprechend dem Gedanken einer biologischen Aquakultur eine Bakterienflora entwickeln, welche das Kreislaufwasser mikrobiologisch stabilisiert. Das bedingt jedoch, dass möglichst optimale Hälterungsbedingungen mit möglichst keinen Stressfaktoren erreicht werden.

5 FISCHPRODUKTION

Was ist zu beachten, um erfolgreich Fische zu produzieren? Das folgende Kapitel soll in groben Zügen einen ersten Einblick verschaffen.

5.1 RAHMENBEDINGUNGEN

Die Wertschöpfung in Aquakultur liegt darin, wie viele kg der Fischbestand täglich zulegt. Das Hauptinteresse des Produzenten liegt also darin, pro m³ und Tag möglichst viel Biomassenzuwachs zu erzielen. Diesem Ertrag stehen komplexe Kostenstrukturen gegenüber, die sich ebenfalls aus der Anlagengrösse und der Zeit ergeben.

Gemäss dem Futterquotienten ist zur Erzielung hoher Zuwachsraten eine entsprechend intensive Fütterung nötig. Aus der Besatzdichte allein ist noch kein Fischwachstum zu erwarten, massgebend ist die täglich eingesetzte Futtermenge. Auch für die Dimensionierung aller technischen Anlagenkomponenten ist die Futterbelastung in kg Futter pro m³ und Tag massgebend. Da die Futterbelastung jedoch aus der Fischbiomasse errechnet wird, ist es in der Praxis geläufiger bei der Anlagenplanung die angestrebte Fischdichte anzugeben.

Mit der Fütterung steht dem Produzenten die Möglichkeit offen, die Umsatzrate oder bildlich ausgedrückt das «Gaspedal» seiner Anlage zu steuern. Bei Problemen mit der Wasserqualität oder direkten Stresssymptomen der Fische ist die erste Massnahme, die Fütterung für einige Tage zu reduzieren. Fische haben im Gegensatz zu Warmblütern einen sehr tiefen Grundstoffwechsel und können einige Wochen ohne Futterzugabe auskommen. Im Gegenteil: bei Überfütterung besteht akute Vergiftungsgefahr innert weniger Stunden. Eine permanent reduzierte Fütterung schadet den Fischen in keiner Weise, sondern resultiert in langsamerem Wachstum.

Eine Anlage mit einer Tragekapazität von 50 kg/m³ benötigt ein Mehrfaches an Infrastruktur verglichen mit einer Extensivanlage bei 20 kg/m³. Der Biofilter muss nicht nur den Ammoniumabbau innert 24 h erbringen, sondern muss zu Fütterungszeiten auch kurzfristige Belastungsspitzen auffangen können, weshalb er 2.5 mal grösser als der Biofilter der Extensivanlage auszulegen ist. Hinzu kommt, dass intensivere Belüftungstechniken nötig sind, da der direkte Sauerstoffeintrag via Wasseroberfläche relativ zum Anlagevolumen an Bedeutung einbüsst.

Welche Fischart in welchem Produktionssystem an einem Betriebsstandort idealerweise gewählt wird, hängt demnach von vielen Faktoren ab. Die wichtigste Entscheidungsgrundlage ist die Marktsituation, diese wird im Kap. 6.7 erläutert.

5.2 BESATZDICHTEN

Fischproduktion kann in verschiedenen Intensitätsstufen betrieben werden. Niedrige Besatzdichten entsprechen bis zu 20 kg Fischmasse pro m³ Wasser (Vorgaben gemäss Bio Suisse). Von mittleren Besatzdichten wird gesprochen bei einer Dichte von 20 -50 kg/m³ und von hohen bei einer Dichte über 50 kg/m³ (Bundesministerium Österreich 2005). Generell gilt, je höher die Fischdichte, desto mehr Technikeinsatz ist nötig, desto grösser ist das Betriebsrisiko. Um die Besatzdichten zu steigern, müssen Sauerstoffversorgung, Filter und Wasserumwälzung entsprechend vergrössert werden.

In Aquaponic kann als Kennzahl mit max. 50 kg Forellen pro m³ gerechnet werden bei einem konstanten Wasserzufluss von 1 Liter pro Sekunde. Diese Kennzahl gilt für 20 °C, bei 15 °C ist der mögliche Fischbesatz 2 x höher, bei 10 °C 4 x, bei 5 °C 9 x höher (Schäperclaus 1998).

5.3 FISCHMONITORING

Die Fische sollten täglich bei der Fütterung beobachtet werden. Das Schwimmverhalten und die Fresslust der Fische geben bereits Auskunft über ihr Befinden. Mit zunehmender Erfahrung entwickelt ein Fischwirt ein Gespür für ein «normales» Verhalten seiner Fische. Fische sind hochsensible Tiere und reagieren auf aussergewöhnliche Stressfaktoren mit Scheuheit, was sich im Schwimmverhalten und Appetitlosigkeit zeigt.

Zusätzlich sollte eine regelmässige Untersuchung einzelner Fische auf äusserliche Anzeichen von Verletzungen, Krankheiten, Pilzen oder Parasiten durchgeführt werden. Professionelle Untersuchungen können bei der Nationalen Fischuntersuchungsstelle in Auftrag gegeben werden.

Nationale Fischuntersuchungsstelle (NAFUS)
Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin
Länggass-Strasse 122, CH-3001 Bern
Telefon +41 (031) 631 24 65 (Abteilung Fische)
Internet www.itpa.vetsuisse.unibe.ch/fiwi

5.4 FISCHFUTTER

Die wichtigsten Nährstoffe im Fischfutter sind Proteine, Fette und Kohlenhydrate sowie Vitamine, Spurenelemente und Ballaststoffe. In qualitativ hochwertigen Futtersorten sind alle diese Nährstoffe enthalten. Dabei ist das Rohprotein die teuerste Futterkomponente. Zugleich beeinflusst der Proteingehalt direkt den Futterquotienten (vgl. Kap. 5.5), da Futter mit höherem Fischmehlanteil leichter verdaulich ist, und zu höheren Wachstumsraten führt. Jede Fischart hat spezifische Futteransprüche, die meisten Raubfischarten wachsen optimal bei einem Proteingehalt über 40 %. Der optimale Proteingehalt ändert sich mit zunehmender Fischgrösse. Eine optimale Proteinqualität ist eminent wichtig, da sie eine maximale Proteinverwertung in Fischbiomasse gewährleistet und eine möglichst geringe Wasserbelastung durch als Ammonium ausgeschiedenes überschüssiges Protein erreicht werden sollte. Abhängig von der Wassertemperatur ändert auch der optimale Fettgehalt. Typische Werte für Rohfett liegen zwischen 10 und 14 % Futteranteil (BOKU, Wien). Industriell hergestelltes Fertigfutter wird in verschiedenen Grössen und Zusammensetzungen als Mehl, Granulat oder Pellets angeboten. Es gibt verschiedene Arten des Futters (Sinkfutter, Schwimmfutter), die den Lebensgewohnheiten der Fische angepasst sind.

Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit in Fischzuchten stellt die Rohstoffquelle zur Herstellung herkömmlichen Fischfutters ein Problem dar. Fischfressende Arten wie Flussbarsch oder Forelle ernähren sich in freier Wildbahn vor allem von anderen Fischen. Aufgrund ihres Metabolismus sind sie deshalb nebst Getreide auf einen hohen Anteil Fischmehl und -öl angewiesen. Dieses Fischmehl wird oft aus «minderwertigen Fischen» gewonnen, also dem Beifang der in der Netzfischerei gefangen wird, oder es werden gar eigens Wildfische gefangen, und dadurch der natürlichen Nahrungskette im Meer entzogen. Pointiert ausgedrückt: ökonomisch nicht verwertbare Wildfische werden in Aquakultur ineffizient zu Zuchtfisch verwandelt. Denn um 1 kg Zuchtfisch zu erhalten, müssen 1-2 kg andere Fische in Form von Fischmehl und -öl verfüttert werden. Auch wenn der Anteil von Fischmehl und -öl am Fischfutter in den letzten Jahren gesenkt wurde, trägt die Futtermittelindustrie zusätzlich zur Überfischung der Weltmeere bei. Verschiedene Biolabels zur Zucht von Fischen geben strenge Kriterien für Fischmehl enthaltendes Futter vor. So wird Wert gelegt auf die Verwertung von Abfällen aus der Fischindustrie – also Kopf, Gräte, Schwanzflosse – und

pflanzlicher Bestandteile zur Herstellung von Fischfutter. Zukünftig soll Fischfutter auch von Futterfischen aus MSC - Fischerei hergestellt werden (WWF Fischeinkaufsführer). Nebst diesem ökologischen Argument forschen die Futtermittelhersteller an Ersatzprodukten für Fischmehl als Proteinträger mit dem Ziel unabhängig zu werden vom weltweiten Fischmehlangebot.

Herkömmliches Fischfutter kann je nach Fischart ganz oder teilweise durch vegetarisches Futter ersetzt werden. Insbesondere die Tilapia ist anpassungsfähig wie kaum ein anderer Fisch und kann an nahezu jedes energiehaltige Futter gewöhnt werden. Mögliche Futterquellen für Tilapien sind Schlachtabfälle von Fischen, Grünabfälle aus der Gemüseproduktion und Landwirtschaft (Gras, Mais, Getreide).

Wasserlinsen (*Lemna sp.*) können ebenfalls als Tierfutter eingesetzt werden. Allerdings müssten diese auf einer Fläche von rund 80 m² angebaut werden, um täglich 1 kg Karpfenfutter zu ersetzen. Zudem ist die Verarbeitung von Frischfutter viel aufwendiger als die automatische Fütterung von Trockenfutter.

Die grössten Hoffnungen gelten der Sojabohne, deren Aminosäureprofil recht gut dem Bedarf der meisten fischfressenden Fischarten entspricht. Gute Erfolge konnten dabei schon bei Lachs erzielt werden. Ein Grundproblem ergibt sich daraus, dass der Proteingehalt von Soja mit 42 % nur knapp demjenigen von Raubfischen (45-50 %) entspricht und durch die Zumischung anderer Futterkomponenten zusätzlich sinkt. In den aktuellen Futtermitteln wird deshalb meist ein Proteinkonzentrat aus Soja oder eine Mischung von Soja und Fischmehl eingesetzt. Der Anbau von Soja zur Herstellung von Tierfutter erfolgt leider vielerorts (z.B. in Brasilien) auf gerodeten Urwaldflächen. Ausserdem ist der Einsatz von gentechnisch verändertem Saatgut heute allgegenwärtig. Sollte sich Soja in Zukunft als echte Alternative in der Tierfutterproduktion etablieren, ist zu hoffen, dass sich die Industrie auf nachhaltig produzierte Sojabohnen, wie z.B. die Produktion nach «Basler Kriterien» (erarbeitet durch WWF und Coop), konzentrieren wird.

5.5 FÜTTERUNG

Eine richtige Fütterung sichert einen guten Gesundheitszustand der Fische und eine bessere Wasserqualität und ist somit ein wichtiger Faktor für die Leistungsfähigkeit des Zuchtbetriebes. Von den aufgenommenen Futtermitteln wird der verdauliche Anteil vom Fischkörper aufgenommen oder

zur Deckung des Energiebedarfes verwendet, der Rest wird wieder ausgeschieden. Die aufgenommenen Stoffe werden im Körper über die Stoffwechselwege des Organismus umgesetzt. Die dabei nicht verwertbaren Endprodukte werden beim Fisch über die Kiemen (v.a. in Form von Ammonium) und den Harn (Ammonium und Phosphor) als gelöste Stoffe in das Wasser abgegeben.

Die Futtermenge ist unter Berücksichtigung der Art und Grösse der Fische sowie der vorliegenden Umweltbedingungen festzusetzen. Die Fütterungsmethoden sollten sichern, dass alle Fische ausreichend Futter erhalten. Eine übermässige Fütterung ist zu vermeiden, da dies zu einer Verschlechterung der Wasserqualität und erhöhten Betriebskosten führt (Projekträger Jülich 2002). Die Häufigkeit der Fütterung kann das Wachstum von Fischen ebenfalls beeinflussen. So wachsen Tilapien beispielsweise schneller, weisen einen besseren Futterquotient auf und haben einen höheren Proteingehalt, wenn bei gleicher totaler Futtermenge statt täglich zwei grosse, sechs kleinere Rationen gefüttert werden. Dem Fertigfutter liegt meist eine Futtertabelle bei, aus welcher die optimale Futtermenge je nach Fischgrösse und Wassertemperatur hervorgeht (Bundesministerium Österreich 2005).

Ein Fisch wächst umso schneller, je mehr Futter er aufnimmt. Deshalb ist es bei Wachstumsvergleichen wichtig, den Futterlevel zu kennen. Die Einheit wird als Prozent der Fischbiomasse pro Tag angegeben. Der optimale Futterlevel ist abhängig von der Wassertemperatur und von der Fischgrösse. Typische Werte sind 1.5 - 3 % der Biomasse pro Tag.

$$\text{Futterlevel [\% Biomasse} \cdot \text{d}^{-1}] = \frac{\text{tägliche Futtermenge [g} \cdot \text{d}^{-1}]}{\text{Körpergewicht [g]}} \cdot 100$$

Der Futterquotient, Verwertungskoeffizient oder Konversionsfaktor gibt an, welche Futtermenge benötigt wird, um einen Zuwachs von 1 kg Fisch zu erreichen. Da das Futter in Trockenform gereicht wird, die Fische aber als Lebendgewicht gemessen werden, sind Werte von 0.8–1.5 möglich. Je tiefer der Futterquotient, desto höher ist die Verdaulichkeit des Fischfutters und desto kleiner wird die Wasserbelastung.

$$\text{Futterquotient [-]} = \frac{\text{aufgenommene Nahrung [kg]}}{\text{Zuwachs [kg]}}$$

5.6 WASSERQUALITÄT

Um das Wohlbefinden der Fische, aber auch die Qualität des Endprodukts Fisch zu gewährleisten, ist eine einwandfreie Wasserqualität erforderlich. Eine unzureichende Wasserqualität führt bei den Fischen zu Stress, der sich negativ auf das Fressverhalten, das Wachstum und die Resistenz gegenüber Parasiten und Krankheiten auswirkt. In Aquakulturen laufen komplexe chemische Prozesse gleichzeitig und in Abhängigkeit voneinander ab. Eine Überwachung der Wasserqualität ist unabdingbar, um einen konstanten Anlagebetrieb zu erreichen. Eine Kontrolle sämtlicher im Wasser vorkommenden Parameter wäre jedoch unverhältnismässig. Die wichtigsten zu analysierenden Parameter werden im Überblick dargestellt.

Sauerstoff (O₂)

Der gelöste Sauerstoff ist für die Fische lebenswichtig. Die Sauerstoffsättigung im Wasser ist ein Mass für die gelöste Sauerstoffmenge und sollte möglichst hoch (>60 % Sättigung, optimal >90 %) gehalten werden. Je kälter das Wasser, desto mehr Sauerstoff kann gelöst werden. Der Sauerstoffgehalt ist somit abhängig von der Temperatur, aber auch vom atmosphärischen Druck.

Optimal 7 - 10 mg/l (100% Sättigung)

Toleranzwert > 4 mg/l

Leitfähigkeit (LF)

Gibt die elektrische Leitfähigkeit und somit den Gesamtgehalt an gelösten Salzen im Wasser an, normiert auf 25 °C Wassertemperatur. Je höher der Wert der elektrischen Leitfähigkeit, desto mehr gelöste Salze (Calcium, Magnesium, Carbonat) sind im Wasser vorhanden. Die Leitfähigkeit ist ein Summenparameter, es lassen sich daher keine Angaben bezüglich der einzelnen Salzkonzentrationen machen. Sie ist aber eine wichtige Grösse, die angibt, wie hoch der osmotische Druck des Wassers ist, welcher wiederum den Stoffwechsel aller Wasserlebewesen beeinflusst. Bei den Fischen zum Beispiel werden durch den osmotischen Druck die Wasseraufnahme, als direkte Folge die Harnausscheidung und damit auch wichtige Organfunktionen wie die Niere und die Geschlechtsorgane gesteuert.

Wasserstoff-Ionen (pH)

Der pH-Wert gibt an, wie basisch oder sauer das Wasser ist. Die Nitrifikation (siehe Stickstoff) wird durch einen tiefen pH verlangsamt, ein hoher pH bewirkt Stress bei den Pflanzen und erhöht die Giftigkeit von Ammonium.

Optimal	7.0
Toleranzwert	6.5 – 8.5

Temperatur (T)

Der Stoffwechsel von Fischen steht in direktem Zusammenhang mit der Wassertemperatur. Die Ansprüche an die optimale Temperatur variiert mit der Fischart (vgl. Kap. 6).

Stickstoff (N)

Durch mikrobiellen Abbau von Futterresten, abgestorbenen Pflanzenteilen, Fischkot und anderen organischen Verbindungen wird Stickstoff (N) in Form von **Ammonium (NH_4^+)** freigesetzt. Fische scheiden einen grossen Teil des Stickstoffs, den sie mit der Nahrung aufnehmen, direkt als Ammonium über die Kiemen aus. Ammonium ist in kleineren Konzentrationen für Fische nicht giftig, in Abhängigkeit vom pH-Wert kann daraus jedoch fischgiftiges **Ammoniak (NH_3)** entstehen.

Ammoniak ist schon in kleinen Konzentrationen (ab 0.01 mg/l) höchst giftig für Fische (Kiemengift). Es entsteht bei hohem pH, wenn sich das Gleichgewicht im Wasser von Ammonium zu Ammoniak verschiebt.

Nitrit (NO_2^-) ist ein Zwischenprodukt bei der **Nitrifikation**, bei welcher Ammonium in **Nitrat (NO_3^-)** umgewandelt wird. Nitrit wird akkumuliert, wenn die Nitrifikation unvollständig abläuft. Für Fische ist Nitrit ein Kiemengift, Nitrat ist für Fische ungiftig und ein wichtiger Pflanzennährstoff. In natürlichen Gewässern liegt sämtlicher gelöster Stickstoff als Nitrat vor.

Unter Fäulnisbedingungen wird Nitrat reduziert zu Stickstoffgas N_2 (unsere Atemluft besteht zu 79 % aus Stickstoffgas), das in die Luft entweicht. Dieser Prozess wird **Denitrifikation** genannt und tritt in jedem Biofilter auf, so dass ständig ein Teil des Stickstoffs in die Umgebungsluft verloren geht.

Phosphat (PO_4^{3-})

Phosphor (P) wird in das System eingetragen durch Zugabe von Fischfutter. Beim mikrobiellen Abbau entsteht im Wasser aus den organischen Phosphorverbindungen Ortho-Phosphat (PO_4^{3-}). Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff für das Pflanzenwachstum.

Wasserhärte (°dH)

Die Wasserhärte gibt den Kalkgehalt des Wassers an. Ein an Calciumsalzen reiches Wasser bezeichnet man als «hart», ein calciumsalzfreies oder -armes Wasser als «weich». Man unterscheidet die Gesamt- und die Karbonathärte. Die Gesamthärte gibt die Summe der gelösten Calcium- und Magnesiumionen an, die Karbonathärte den Gehalt an Hydrogenkarbonat HCO_3^- . Gelöstes Kalkkarbonat und aus der Luft gelöstes Kohlendioxid (CO_2) liegen im Wasser überwiegend in Form von Hydrogenkarbonat vor. Das Kalk - Kohlensäure - System ist im Wesentlichen für das Puffervermögen des Wassers in natürlichen Gewässern und auch in der Fischzucht verantwortlich und hat somit einen Einfluss auf Schwankungen des pH-Wertes.

Kohlendioxid (CO_2)

Unter der Pufferkapazität versteht man die Fähigkeit einer Flüssigkeit, Säuren oder Basen aufzunehmen, ohne dass sich der pH-Wert ändert. Bei hohen Fischdichten werden durch die Fischatmung laufend grosse Mengen an Kohlendioxid frei. Wird der Kohlendioxidgehalt im Verhältnis zur Sauerstoffkonzentration im Wasser zu hoch, können Fische Probleme mit der Atmung bekommen. CO_2 reagiert zudem mit Wasser zu Kohlensäure und hat eine Reduktion des pH-Wertes zur Folge. In der Fischzucht sollte der Kohlendioxid-Gehalt 20 mg/l nicht übersteigen (Hargreaves 1996). Überschüssiges CO_2 kann in Entgasungsstufen aus dem Wasser ausgetrieben werden.

5.7 MARKT UND VERARBEITUNG

Zu einem durchdachten Betriebskonzept gehört unweigerlich der Aspekt der **Vermarktung** und somit auch der **Marktsituation**. Das erste Ziel eines jeden Produzenten ist der Absatz seiner Produkte. Aus diesem Grund sind bereits im Vorfeld Abklärungen bezüglich der persönlichen Marktsituation dringend nötig, um den eigenen Betrieb marktgerecht ausrichten zu können. Ausführliche Informationen zum Fischangebot in der Schweiz und zum Import von Fischen können beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) oder auf dessen Internetseite (www.bafu.admin.ch/fischerei) kostenlos bezogen werden. Eine Recherche bezüglich der Nachfrage nach verschiedenen Fischarten sollte ebenfalls vorgenommen werden. Im Weiteren stellt sich die Frage nach dem «Produktbild», welches der Konsument von einem bestimmten Fisch hat. Will man einen bekannten, einheimischen Fisch anbieten und sich der gängigen Produktbilder wie beispielsweise «Egli-Filets» oder «Forellen nach Müllerart» bedienen? Oder wagt man es, ein noch unbekanntes Produkt (z.B. Tilapia) auf den Markt zu bringen und ein neues Produktbild zu entwerfen?

Argumente für die Produktion von Schweizer Fisch

Es empfiehlt sich, einen Argumentekatalog zu erarbeiten, der für die Kundenkommunikation verwendet wird. Darin sollte zum Ausdruck kommen, durch welche Qualitätsmerkmale sich ein Fisch aus Schweizer Produktion von einem Importfisch abhebt.

Folgende Stichworte könnten in dem Zusammenhang näher erörtert werden:

- Fisch als gesundes Nahrungsmittel
- Nachfrage in der Schweiz durch Schweizer Produkte decken (im Gegensatz zur momentanen Situation von 95 % Import)
- Innovation aufgrund Diversifikation eines Landwirtschaftsbetriebes
- Lokale Arbeitsplätze schaffen und erhalten
- Schweizer Produktion bietet «sichere Herkunft» des Produkts
- Wachsende Nachfrage nach nachhaltig produzierten Produkten
- Frischfisch ist wirklich frischer Fisch (kurze Transportwege, keine Flugware)
- Keine Gefährdung natürlicher Ökosysteme durch Abwässer aus Aquakulturen

Bei der **Verkaufsstrategie** tauchen ebenfalls mehrere Vorgehensweisen auf. Bei einer Direktvermarktung ab Hof bietet sich zur Bekanntmachung des Produkts beispielsweise eine Verbindung des Verkaufs mit einem Event (z.B. Fischdegustation) an. Der Landwirt sollte sich bewusst sein, dass im direkten

Kontakt mit den Kunden sein Wissensstand bezüglich der positiven ernährungsspezifischen Aspekte des Fisches direkten Einfluss auf den Verkauf hat. Eine weitere Variante ist der Absatz über die lokale Gastronomie oder den Einzelhandel, aber auch der Verkauf via Grosshandel sollte in Erwägung gezogen werden.



Abb. 5: Fischangebot im Supermarkt
(Quelle: HSW)

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die **Verarbeitung**. Fisch kann ganz, filetiert oder geräuchert, als Frischfisch oder gefrostet verkauft werden, um nur die gängigsten Verarbeitungsformen zu nennen. Es stellt sich die Frage, ob der Fisch vor Ort durch den Fischzüchter selber, oder extern durch einen Dritten verarbeitet wird. Für kleinere Betriebe dürfte der Aufwand zur selbständigen Verarbeitung zu gross

sein. Nebst zusätzlichen Räumlichkeiten und Geräten (Filetiermaschinen etc.) müssen kantonale Vorschriften betreffend Schlachtung von Tieren und Hygiene im Betrieb berücksichtigt werden.

6 BIOLOGIE DER FISCHE

Welcher Fisch soll denn nun gezüchtet werden? Grundsätzlich bietet sich eine Vielzahl von Fischen zur Produktion an. Bevor die Auswahl auf eine bestimmte Fischart fällt, sollten die Rahmenbedingungen detailliert durchdacht werden. So sind beispielsweise nicht alle Produktionssysteme gleich geeignet für die einzelnen Fischarten. Bezüglich der Eigenschaften der Fische unterscheidet man Kalt- und Warmwasserfische sowie Süss- und Salzwasserfische. Die Einteilung in Raub- und Friedfische ist ebenfalls von grosser Wichtigkeit, vor allem in Bezug auf die Futterwahl.

Es folgen vier Steckbriefe von Fischarten, mit welchen die Hochschule Wädenswil bisher gearbeitet hat.

6.1 FLUSSBARSCH (*PERCA FLUVIATILIS*)



Quelle: Hochschule Wädenswil

Familie	Echte Barsche (<i>Percidae</i>)
Heutige Verbreitung	Der Flussbarsch, in der Schweiz auch Egli genannt, ist ein in ganz Europa und auch in Asien vorkommender Süsswasserfisch. Er wurde in Australien, Neuseeland und Südafrika eingeführt. Der Barsch ist in der gesamten Schweiz verbreitet und es werden keine Jungfische zur Aufstockung der Bestände ausgesetzt (BAFU 2006).
Habitat	Flussbarsche kommen an den verschiedensten Standorten in fliessenden und stehenden Gewässern vor, in stilleren Tümpeln ebenso wie in den Oberläufen von Bächen und Flüssen oder in Teichen und Stauseen. Sie bevorzugen Stellen mit üppiger Vegetation, mit versunkenen Bäumen und Unterwasserwurzeln, denn ihre gestreifte Färbung passt

	sich an solche Licht- und Schattenbedingungen an.
Temperatur	2 – 30 °C (winterhart), zur Produktion 23 °C
Geschlechtsreife	Von März bis Mai unternimmt der Barsch zur Fortpflanzung in Fliessgewässern oft kleinräumige Wanderungen stromaufwärts, während er in stehenden Gewässern im Uferbereich ablaicht. Die Larven schlüpfen nach 2-3 Wochen und verfügen über einen Dottersack. Nach einigen Tagen erlangen die Larven die volle Schwimmfähigkeit und beginnen mit der aktiven Aufnahme von Nahrung, die aus kleinstem Zooplankton besteht. Die Geschlechtsreife wird im Alter von 2-4 Jahren erreicht.
Grösse	20-35 cm, max. 50 cm
Gewicht	300-500 g, selten 1-2 kg, max. 4-5 kg
Nahrung	Junge Barsche leben meist in Ufernähe und ernähren sich von kleinen Wirbellosen (Würmer, Insekten, Schnecken) sowie von Fischlaich und -brut. Grössere Exemplare halten sich bevorzugt in der Freiwasserzone auf und fressen vorwiegend Fische, teils auch kleinere Barsche, sowie gelegentlich Grosskrebse.
Marktsituation	<p>Schweizer Produktion aus Fischzucht: 3 t/Jahr (BAFU 2003/04)</p> <p>Der Barsch ist ein sehr beliebter Speisefisch und neben dem Felchen die wichtigste Fischart für die Berufsfischerei in der Schweiz. Im Gegensatz zu anderen Fischarten wie Forelle, Felchen, Hecht oder Saibling wird der Barsch nicht aktiv bewirtschaftet; d.h. die Bestände werden nicht durch Fischeinsätze gestützt. In der Fischzucht bildet er bisher einen verschwindend kleinen Anteil an der gesamten Fischproduktion von rund 1'200 t/Jahr. 90 % des Konsums wird durch Import gedeckt, woraus ein grosses Potential zur eigenen Fischproduktion abgeleitet werden kann.</p>

6.2 BACHFORELLE (*SALMO TRUTTA FARIO*)



Quelle: Hochschule Wädenswil

Familie	Lachsartige (<i>Salmonidae</i>)
Heutige Verbreitung	Bachforellen leben in mittleren und oberen Abschnitten der Flüsse ganz Europas, des Kaukasus, Kleinasiens, Marokkos und Algeriens. Des Weiteren wurden sie in Australien, Neuseeland, Indien, Nordamerika und Zentralafrika eingeführt. Die gute Bestandssituation in den europäischen Gewässern verdankt die Bachforelle vor allem der künstlichen Aufzucht von Satzforellen in Brutanstalten.
Habitat	Sie ist in ökologischer Hinsicht anspruchsvoll und benötigt kaltes, reines Wasser mit hohem Sauerstoffgehalt.
Temperatur	2 – 20 °C (winterhart), zur Produktion 16 °C
Geschlechtsreife	Bachforellen erlangen ihre Geschlechtsreife mit 3-4 Jahren. Zwischen Oktober und Januar wandert die Bachforelle in die Bachoberläufe und laicht dort in gut mit Sauerstoff versorgten und sauberen Kiesbänken ab. Die frisch geschlüpften Larven besitzen einen grossen Dottersack, von welchem sie während mehrerer Tage bis Wochen zehren.
Grösse	30-60 cm
Gewicht	meist 0.5-2 kg, ausnahmsweise bis 10 kg und mehr
Nahrung	Bachforellen ernähren sich je nach Grösse und Lebensraum vor allem von Insekten und im Wasser lebenden Insektenlarven, kleinen Fischen und Krebstieren. Auch Kannibalismus ist bei der Bachforelle verbreitet.
Marktsituation	Schweizer Produktion aus Fischzucht: 41 t/Jahr (BAFU 2003/04)

Bei der Bachforelle gingen die Fangerträge in den vergangenen 20 Jahren um 60 % zurück. In vielen Fliessgewässern wird deshalb der Fischbestand durch Aussetzen von Jungfischen gestützt. In der Fischzucht ist ihr Anteil unter 4 % an der Gesamtproduktion.

6.3 REGENBOGENFORELLE (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)



Quelle: Hochschule Wädenswil

Familie	Lachsartige (<i>Salmonidae</i>)
Heutige Verbreitung	Die heute in Europa verbreitete Regenbogenforelle ist ein Zuchtfisch, der aus der Vermischung von zwei verschiedenen eingeführten Arten entstanden ist. Sie ist somit in der Schweiz kein einheimischer Fisch und wird vom BAFU als nicht erwünschte Fischart taxiert. Wegen der grossen wirtschaftlichen Bedeutung in der Fischzucht wurde die Regenbogenforelle weltweit verbreitet.
Habitat	Sie ist weniger sauerstoffbedürftig und unempfindlicher gegenüber höheren Wassertemperaturen und herabgesetzter Wasserqualität als die Bachforelle. Auch stellt sie geringere Ansprüche an die Gewässermorphologie.
Temperatur	2 – 22 °C (winterhart), zur Produktion 18 °C
Geschlechtsreife	Regenbogenforellen werden mit 2 Jahren geschlechtsreif. Die Laichzeit erstreckt sich von Dezember bis Mai (Früh- und Spätläicher). Zum Laichen gräbt das Weibchen in den Kies der Oberläufe von Flüssen mit ihrer Schwanzflosse eine Laichgrube, in welche sie ihre Eier legt. Das Männchen besamt anschliessend die Eier, worauf das Weibchen die Grube mit Sand und Kies wieder

	zudeckt. Nach dem Schlüpfen tragen die Jungfische einen Dottersack, der sie ernährt.
Grösse	30-90 cm, max. 120 cm
Gewicht	1 - 3 kg, vereinzelt 6 - 10 kg, max. 24 kg
Nahrung	Breites Nahrungsspektrum von Kleintieren aller Art, Insektenlarven, Kleinkrebsen, Anfluginsekten bis hin zu kleinen Beutefischchen.
Marktsituation	Schweizer Produktion aus Fischzucht: 1'100 t/Jahr (BAFU 2003/04) Die Regenbogenforelle ist die in der Schweiz am meisten gezüchtete Fischart. Der Schweizer Jahreskonsum an Speiseforellen beträgt rund 3'000 t, wovon ca. 37 % durch Inlandproduktion gedeckt sind und 63 % importiert wird (BAFU Importstatistik 2005).

6.4 TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)



Quelle: Hochschule Wädenswil

Familie	Buntbarsche (<i>Cichlidae</i>)
Heutige Verbreitung	In Flüssen und Seen der tropischen und subtropischen Gebiete Afrikas, Madagaskars, Südamerikas und Asiens. Viel grösser als ihre natürlichen Vorkommen sind inzwischen die Zuchtbestände, so dass Tilapien in Fischfarmen aller warmen Regionen anzutreffen sind.
Habitat	Flache, nährstoffreiche Teiche und Seen, Süss- und Brackwasser. Sehr anpassungsfähig und tolerant.

Temperatur	18 – 38 °C, zur Produktion 29 °C
Geschlechtsreife	Mit 10 - 12 cm Länge, 10 - 50 g Gewicht
Fortpflanzung	<p>Tilapien sind Maulbrüter. Die Weibchen nehmen die Eier ins Maul, wo sie beim Ablaichtanz durch das Männchen befruchtet werden. Nach 5 Tagen schlüpfen die Jungfische, bleiben aber noch bis zum Aufbrauchen des Dottersackes im schützenden Maul der Mutter. Ein erwachsenes Weibchen erzeugt alle 5 Wochen 200-500 Junge. Tilapien sind leicht zu vermehren und sehr schnellwüchsig.</p>
Maximale Grösse	50 cm, 3 kg
Nahrung	<p>Allesfresser (Pflanzen, Fleisch, Algen). Aus ökologischer Sicht ist die Tilapia ein idealer Fisch, da er ohne Fischmehlfütterung rein vegetarisch produziert werden kann.</p>
Marktsituation	<p>Schweizer Produktion aus Fischzucht: 57 t/Jahr (BAFU 2003/04)</p> <p>Die Tilapia ist in der Schweiz noch nicht sehr bekannt. Sie wird in der Schweiz in Thai-Shops als Ganzfisch angeboten, im Fischhandel als Filet von 50-100 g. Da sich der Fisch weitgehend vegetarisch ernährt und sich in der Zucht als widerstandsfähig und schnell wachsend (in 6 Monaten von 5 g auf 1 kg) einen Namen gemacht hat, könnte er sich in Zukunft mit geeigneten Vermarktungsmassnahmen als echte Alternative nebst einheimischen Fischen etablieren. Aufgrund des internationalen Preisdrucks ist eine Schweizer Produktion momentan nur bei Direktvermarktung möglich.</p> <p>Die Tilapia - in Asien und Südamerika günstig in Teichen produziert - wird oft als «Wasserschweinchen» bezeichnet, da ihr eine Bedeutung zukommt wie analog dem Schwein als Nutztier in der Agrikultur.</p>

7 GESUNDHEIT UND FISCHKONSUM

Fisch ist ein wertvolles Lebensmittel. Als Nahrungsmittel hat Fisch in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und wird längst nicht mehr nur am Freitag, dem «Fischtag», verzehrt.

Die Schweizerische Gesellschaft für Ernährung empfiehlt, 1-2 mal pro Woche Fisch zu essen. Mehr als die Hälfte (57%) der Bevölkerung kommt diesen Empfehlungen zwar nach, der Anteil der Personen, die selten oder nie Fisch essen, ist mit 38% aber ebenfalls gross. Nur eine Minderheit (5%) isst an drei bis sieben Tagen pro Woche Fisch. Durchschnittlich verzehren Herr und Frau Schweizer somit im Jahr rund 6.5 Kilogramm Fisch pro Person. Wünschenswert ist insgesamt eine Erhöhung des Fischverzehrs.

Fische enthalten sehr wichtige Vitamine, Proteine. Fische sind eine hervorragende Quelle für Omega-3-Fettsäuren, sowie für viele essentielle Spurenelemente, beispielsweise Jod.

Im Folgenden werden die ernährungsphysiologisch wünschenswerten Aspekte des Fischkonsums dargestellt. Es werden sowohl einheimische Fische als auch Meeresfische (Salzwasserfische) ihrer Nährstoffe dargestellt. Teilweise gibt es grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Spezies.

7.1 FETTE UND MAGERE FISCHE

Die Art und Menge der Nährstoffe in Fischen können sich je nach Fischart beträchtlich unterscheiden. Dies hat nicht zuletzt damit zu tun, dass Fische über unterschiedliche Gehalte an Fett im Muskelfleisch verfügen. Von Magerfisch ist die Rede bei einem Fettgehalt unter einem Prozent. Mittelfette Fische enthalten 1-10 %, fette Fische über 10 % Fett. Zu den **Magerfischen** zählen Flunder, Flussbarsch, Hecht, Kabeljau, Schellfisch, Seelachs, Zander. **Mittelfett** sind Forelle, Karpfen und Rotbarsch. Zu den **Fettfischen** gehören Aal, Hering, Thunfisch sowie Makrele.

7.2 PROTEINE

Jegliches Leben setzt Eiweisse, auch Proteine genannt, voraus. Eiweisse sind wichtige Bau- Transport-, Struktur- und Reparaturstoffe aber auch an der Immunabwehr der menschlichen Zellen und an zahlreichen Stoffwechselvorgängen beteiligt. Proteine sind die am häufigsten in einer

Zelle vorkommenden Makromoleküle. Zwanzig verschiedene Aminosäuren sind die Grundbausteine der Eiweisse. Fische enthalten alle für den Menschen lebenswichtigen, essentiellen Aminosäuren in einer für den Körper besonders leicht verfügbaren Form.

Es wird eine tägliche Eiweisszufuhr von **0.8 g/kg Körpergewicht** empfohlen (D-A-CH Referenzwerte). Eine 200 Gramm-Portion der meisten Fische (Süss- wie auch Salzwasserarten) enthält etwa die Hälfte des Tageseiweissbedarfs.

7.3 VITAMINE

Vitamine steuern den gesamten Stoffwechsel und spielen eine zentrale Rolle bei der körpereigenen Abwehrkraft. Mit Ausnahme von Vitamin D kann der Körper Vitamine nicht selber erzeugen. Sie müssen deshalb über die Nahrung aufgenommen werden. Im Fisch sind wichtige Vitamine wie Vitamin A, C, D, und B enthalten. Nicht alle Fische enthalten gleich viele Vitamine: in fettarmen Fischen sind die Vitamine B1 und B2 besser vertreten, die Vitamine A und D finden sich hingegen vor allem in Fischen mit hohem Fettgehalt.

Tab. 4: Die wichtigsten in Fisch enthaltenen Vitamine und ihre Funktion im menschlichen Körper (Quelle Tagesbedarf: D-A-CH Referenzwerte; Quelle Funktionen und Symptome: Coop, Ernährungswissen)

	Tagesbedarf ¹	Funktionen	Mangelsymptome
Vitamin A	0.8 – 1.1 mg RÄ ² /Tag	Immunsystem, Wachstum, Entwicklung Körperzellen und Gewebe, Wachstum Haut und Schleimhaut, Sehvermögen, Fortpflanzung	Infektionsanfälligkeit, rissige Haut, spröde Nägel und Haare, Schleimhautdefekte, verzögertes Wachstum bei Kindern, Nacht- blindheit, Austrocknung des Auges, Erblinden

¹ Die Werte beziehen sich auf den Tagesbedarf von Jugendlichen (ab 15 J.) und Erwachsenen. Der Tagesbedarf von Schwangeren und Stillenden ist meist höher, dieser wird hier jedoch nicht aufgeführt.

² RÄ=Retinol-Äquivalent: 1 mg RÄ = 6 mg all-trans-β-Carotin = 12 mg anderer Provitamin A-Carotinoide = 1 mg Retinol = 1,15 mg all-trans-Retinylnacetat = 1,83 mg all-trans-Retinylpalmitat; 1 IE = 0,3 µg Retinol

	Tagesbedarf	Funktionen	Mangelsymptome
Vitamin B1	1 – 1.3 mg/Tag	Wichtig bei der Verwertung der Kohlenhydrate, regelt den Herzkreislauf und das Nervensystem	Müdigkeit, Kribbeln, Appetitverlust, Nervenbeschwerden
Vitamin B2	1.2 – 1.4 mg/Tag	Beteiligt am Eiweiss- und Fettstoffwechsel, hilft bei der Energiefreisetzung	Hautveränderungen, Mundwinkelrisse, Wachstumsstörungen, Blutarmut, verlangsamte Wundheilung
Vitamin B6	1.2 – 1.5 mg/Tag	Beteiligt am Eiweissstoffwechsel, wichtig für die Blutbildung, stärkt die Nerven	Blutarmut, Hautveränderungen, Reizbarkeit, Nervenentzündung, Depression
Vitamin B12	3 µg/Tag	Beteiligt am Eiweissstoffwechsel, wichtig für die Blutbildung	Blutarmut, Herz-Kreislauf-Erkrankungen
Niacin	13 – 17 mg-Äq. ³ /Tag	Zahlreiche Funktionen im Stoffwechsel, wichtig für das Nervensystem	Hautveränderungen, Durchfall, Pellagra
Vitamin D	5 – 10 µg/Tag ⁴	Fördert die Aufnahme von Calcium aus der Nahrung und dessen Einbau in die Knochen und Zähne	Muskelschwäche, Krämpfe, Knochen-erweichung, Rachitis

7.4 MINERALSTOFFE

Phosphor kommt im Körper vorwiegend in Form von Phosphat vor. Phosphate sind nahezu an allen Lebensvorgängen, beispielsweise am Stoffwechsel von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweissen, beteiligt. Sie sind ein wichtiger Bestandteil von Zähnen und Knochen und werden als direkte Energiequelle für alle Zellvorgänge benötigt, beispielsweise für den Aufbau von Zellwänden. Der Tagesbedarf beträgt **700 - 1250 mg** und kann durch den Verzehr von 100 g Forelle zu mehr als einem Drittel gedeckt werden (Phosphorgehalt Forelle nach Fisch-Informationszentrum (FIZ):

³ 1 mg Niacin-Äquivalent = 60 mg Tryptophan

⁴ Erwachsene bis 65 J.: 5 µg/Tag; Erwachsene ab 65 J.: 10 µg/Tag

245 mg/100g). **Kalium** ist unter anderem für das Wachstum von Körperzellen und zur Regulation des Säure-Basen-Haushaltes zuständig. Es wird empfohlen, täglich **ca. 2 g** mit der Nahrung aufzunehmen. Der Gehalt an Kalium einer Forelle beträgt rund 460 mg pro 100 g. **Calcium** ist ebenfalls am Aufbau und Erhalt von Zähnen und Knochen beteiligt. Der tägliche Bedarf beträgt **1 – 1.2 g**. Der Gehalt an Calcium in Fisch spielt mit rund 15 – 40 mg/100g eine untergeordnete Rolle. Weiter enthalten Fische rund 10 % **Magnesium** (Tagesbedarf **300 – 400 mg**), das zum Knochenaufbau und Energiegewinn benötigt wird. **Natrium** (Tagesbedarf **550 mg**) ist in Fischen zu knapp 10 % enthalten und wirkt sich positiv auf die Verdauung, die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Darm und auf den Säure-Basen-Haushalt aus.

Der jeweilige Gehalt an Mineralstoffen hängt von der Fischart ab. Hier aufgeführt sind lediglich einzelne Beispiele, um den Sachverhalt zu zeigen.

7.5 SPURENELEMENTE

Fische enthalten mehrere Spurenelemente. Die wichtigsten Vertreter sind Eisen, Jod und Selen. **Eisen** ist besonders in Süßwasserfischen reichlich vorhanden. Hauptaufgabe des Eisens ist es, Sauerstoff in Blut und Muskeln zu transportieren und zu speichern. Ausserdem ist es Bestandteil einiger Enzyme. Zur gesunden Ernährung werden von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) **10 bis 15 mg** Eisen pro Tag empfohlen. Der Eisengehalt schwankt je nach Fischart zwischen 0.5 (Forelle) – 2.5 (Sardine) mg/100g. Meeresfische weisen einen reichlichen Jodgehalt auf. **Jod** braucht unser Körper, um Schilddrüsenhormone aufzubauen. Diese sind daran beteiligt, den Stoffwechsel von Eiweissen, Kohlenhydraten und Fetten sowie die Regulation der Körpertemperatur zu steuern. Der tägliche Jodbedarf beträgt laut DGE für Jugendliche und Erwachsene mittleren Alters **180 – 200 µg**. Der Jodgehalt ist bei Salzwasserfischen höher als bei Süßwasserfischen. Er schwankt je nach Fischart zwischen 2 µg (Karpfen) und 200 µg (Seelachs) pro 100 g Fisch. **Selen** erfüllt essentielle Funktionen im Organismus als Bestandteil verschiedener Enzymsysteme und als Bestandteil von Proteinen der Reproduktionsorgane. Die tägliche Einnahme sollte zwischen **30 bis 70 µg** liegen. Sowohl bei Süßwasserfischen als auch bei Salzwasserfischen gibt es selenreichere und -ärmere Arten. Nährwertdatenbanken geben Gehalte zwischen 30 und 70 µg/100 g an.

7.6 OMEGA-3-FETTSÄUREN

Fisch	Gehalt in g/100g Fisch
Hering	1.7 – 1.8
Sardinen	1.0 – 1.7
Lachs	1.0 – 1.8
Regenbogenforellen	0.8 – 1.0
Makrelen	0.3 – 1.6
Thunfisch	0.3 – 0.7

Omega-3-Fettsäuren Gehalt (EPA + DHA) in verschiedenen Fischen
(Quelle: Kris-Etherton et al, 2002)

Omega-3-Fettsäuren sind essentielle Nährstoffe für den menschlichen Organismus. Sie bestehen aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Der Körper kann Omega-3-Fettsäuren nicht selbst herstellen, man muss sie folglich mit der Nahrung aufnehmen. Es ist wissenschaftlich bewiesen, dass Omega-3-Fettsäuren positive

Auswirkungen auf die Gehirnentwicklung, die Nerven und das Sehvermögen haben. Sie verbessern auch die Fliesseigenschaften des Blutes, indem sie die Arterien elastisch halten und im Blut gerinnungs- und entzündungshemmend wirken. Die Fettsäuren schützen somit vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen, fördern die Durchblutung und reduzieren die Infarktgefahr. Für eine gesunde Ernährung sind insbesondere die Omega-3-Fettsäuren Docosahexaensäure (DHA) und Eicosapentaensäure (EPA) wichtig. Fette Seefische wie Lachs, Hering oder Makrelen sind besonders reich an diesen beiden Fettsäuren. Magere Fische und Süßwasserfische enthalten ebenfalls Omega-3-Fettsäuren, wenn auch in geringerer Menge. Das Bundesamt für Gesundheit empfiehlt eine Aufnahmemenge von DHA und EPA von 500 mg pro Person und Tag. Im Gegensatz zu Omega-3-Fettsäuren in pflanzlichen Ölen sind die im Fisch enthaltenen EPA und DHA für den Menschen **direkt** verwertbar.

7.7 EINKAUF UND ZUBEREITUNG VON FISCH

Frischen Fisch erkennt man an roten Kiemen, straffer Haut ohne Druckstellen und erhaltener Schleimschicht (z.B. bei Forelle). Frischer Fisch riecht angenehm. Wichtig ist es, Frischfisch sofort zu verarbeiten und kühl aufzubewahren.

Der Zubereitung eines Fischgerichtes gilt besonderes Augenmerk. Hierbei gelten die drei „S-Regeln“: Säubern, Säuern, Salzen.

Den Fisch kurz unter fliessendem, kaltem Wasser abwaschen. Niemals im Wasser liegen lassen, wertvolle Nährstoffe gehen dabei verloren. Anschliessend mit Zitronensaft oder Essig säuern, dadurch wird das Fischfleisch weisser und fester. Gesäuerter Fisch rund 10 bis 15 Minuten stehen lassen und erst unmittelbar vor dem Garen salzen.

Fische sollten entweder gedünstet, pochiert oder im Ofen zubereitet werden.

7.8 SCHADSTOFFE IN FISCHEN

Gewässer und somit die natürlichen Lebensräume von Fischen können mit Schadstoffen belastet sein. **Schwermetalle (Quecksilber, Cadmium, Blei), polychlorierte Biphenyle (PCBs) und Dioxine** können sich entlang der Nahrungskette anreichern und werden in Wildfischen immer wieder gefunden. Die Schadstoffe im Meer entstammen einerseits natürlichen Quellen wie Sedimenten und Gesteinen des Meeresbodens. Andererseits gelangen Schadstoffe durch Abwässer und über die Luft in die Oberflächengewässer. In Gebieten mit erhöhter Industrietätigkeit können sich vor allem fettlösliche organische Verbindungen (PCBs und Dioxine) anreichern.

Aber auch Fische aus Aquakulturen können Schadstoffe enthalten. Diese gelangen über das Fischfutter, welches einen grossen Anteil an Fischmehl und -öl enthält in die Fische. Aquakulturen werden ausserdem häufig mit dem Einsatz von **Antibiotika** und Medikamenten in Verbindung gebracht. Dies ist vor allem in intensiven Zuchten im asiatischen Raum ein ernst zu nehmendes Problem. Fische aus einheimischer Zucht oder aus Zucht von nahen Regionen sollten daher bevorzugt werden, weil hier eine Belastung mit Antibiotika eher unwahrscheinlich ist. Ausserdem ist in der biologisch kontrollierten Fischzucht der Einsatz von Antibiotika entweder gar nicht, oder nur im äussersten Notfall zum Wohl der Tiere erlaubt.

7.9 WELCHER FISCH IST BESONDERS VORTEILHAFT?

Die verschiedenen Inhaltsstoffe von Fischen, unterscheiden sich jeweils stark in Abhängigkeit von der Fischart. Jede Art weist bestimmte Vorteile bezüglich der Inhaltsstoffe und Zubereitungsweise auf. Bei der Auswahl des Fischmenus sollten auch Kriterien der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 2), wonach Schweizer Fisch entsprechend gut abschneidet (kurze Transportwege, keine Überfischung der natürlichen Bestände, Sicherung von Arbeitsplätzen etc.).

Fällt die Wahl trotz hervorragenden einheimischen Fischen auf Meerfisch, garantiert das Label MSC (Marine Stewardship Council), dass die Fische aus nachhaltiger Fischerei stammen, bei welcher keine bedrohten Bestände befischt werden. Bei Zuchtfisch aus Übersee aber auch aus der Schweiz lohnt es sich nach dem Biolabel Ausschau zu halten. Diese Produzenten minimieren die negativen Auswirkungen ihrer Fischzucht auf die Umwelt und garantieren eine tiergerechte Haltung der Fische, was sich wiederum positiv auf die Produktqualität auswirkt. Wie bei allen Nahrungsmitteln empfiehlt es sich auch bei den Fischen zu variieren und so von den verschiedenen Vorteilen zu profitieren. Aufgeführt unter den besonders empfehlenswerten Arten sind im Fischeinkaufsführer des WWFs (www.wwf.ch/fisch) nebst den einheimischen Wildfischen (Hecht, Forelle, Egli, Felchen, Zander, Saibling) und Fischen aus Biozucht der Alaska Seelachs (Nordostpazifik), der Heilbutt (Nordpazifik), der Hering (Nordostatlantik) und der Karpfen (Europa).

Grundsätzlich gilt, dass Fisch in der menschlichen Ernährung eine überaus wichtige Rolle spielt und als Nahrungsmittel positiv zu bewerten ist. Auch wenn es Belastungen mit unerwünschten Stoffen geben kann, überwiegen die Vorteile des Fischkonsums deutlich.

Weitere Informationen zum Thema Fisch und Gesundheit bieten:

Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE) www.sge-ssn.ch

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) www.dge.de (Referenzwerte Nährstoffzufuhr: D-A-CH Referenzwerte DGE, ÖGE, SGE/SVE)

Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE) www.oenge.at

Fisch-Informationszentrum (FIZ) e.V. www.fischinfo.de

Aid Infodienst, Verbraucherschutz Ernährung Landwirtschaft e.V.
www.waswiessen.de

8 WEITERE INFORMATIONEN

8.1 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die massgeblichen Gesetze und Verordnungen im Umgang mit Fischzuchten sind zahlreich. Im folgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die verschiedenen Regelungen gegeben, es wird jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Das **Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF)** sieht für den Betrieb einer Fischzuchtanlage eine fischereirechtliche Bewilligung der für die Fischerei zuständigen kantonalen Behörde (meist Jagd- und Fischereidepart.) vor. Gemäss Gesetzestext wird ausserdem den zuständigen Behörden bei der Organisation der fachlichen Ausbildung der Fischzüchter Unterstützung seitens des Bundes zugesichert.

Gemäss Art. 8 des **Tierschutzgesetzes (TSchG)** ist bei gewerbsmässigem Handel mit Tieren eine kantonale Bewilligung des Veterinäramtes erforderlich. Die **Tierseuchenverordnung (TSV)** sieht in Art. 276 bei Handel mit Fischen Bestandeskontrollen vor. Die TSV gibt ausserdem an, welche Fischkrankheiten meldepflichtig sind, wobei die Tierseuchen in vier Bekämpfungsgruppen «hochansteckend», «auszurotten», «zu bekämpfen» und «zu überwachen» eingeteilt sind.

Die **Tierschutzverordnung (TSchV)** enthält Grundsätze zur Tierhaltung und –zucht, Mindestanforderungen für die Haltung von Fischen sowie Angaben zu Betäubung und Transport von Fischen. Die Revision der TSchV ist zur Zeit in der Vernehmlassung und sieht eine umfassende Regelung im Bereich Ausbildung bei der Tierzucht vor.

Nach Art. 6 Absatz 1 des BGF wird für das Einführen und das Einsetzen landesfremder Fischarten eine Bewilligung des Bundes, genauer des Bundesamtes für Veterinärwesen (BVET), benötigt. Bei Bedarf wird das Gesuch an das BAFU zur Stellungnahme weitergeleitet. Zum Einsetzen von Speisefischen in Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen braucht es jedoch keine BAFU-Bewilligung, wenn Massnahmen gegen ein Entweichen von Fischen getroffen werden. Das kantonale Veterinäramt erlässt jedoch Vorschriften über die Führung einer Fischzucht (Mündl. Auskunft E. Staub, BAFU). Anhang 1 bis 3 der **Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF)** gibt Aufschluss darüber, welche Arten einheimisch bzw. standortfremd sind und für welche Fische die Bewilligungspflicht für das Einsetzen innerhalb eines definierten Einsatzbereiches entfällt.

Weitere Bestimmungen bezüglich Import von Fischen sind in der **Verordnung über die Ein-, Durch- und Ausfuhr von Tieren und Tierprodukten (EDAV)** geregelt. Die Tiere müssen im Herkunftsland von einem Veterinär untersucht und mit dessen Gutachten importiert werden. Gegebenenfalls wird zusätzlich eine grenztierärztliche Kontrolle angeordnet. Die Fische müssen am ersten Bestimmungsort in Quarantäne gehalten werden.

Weiter ist das **Gewässerschutzgesetz (GSchG)** zu berücksichtigen, Artikel 7 des GSchG sieht für die Einleitung von Abwasser in ein Gewässer eine Bewilligung vor. Das Einleiten von insbesondere auch aus Fischzuchten verschmutztem Abwasser in die Kanalisation ist im Anhang 3.3 der **Gewässerschutzverordnung (GSchV)** geregelt.

Schliesslich kommen auch das **Raumplanungsgesetz (RPG)** und die kantonalen Baurechte zur Anwendung, wenn es um den Bau einer Fischzuchtanlage geht. Baurechtlich gesehen gehört eine Fischzuchtanlage in die Gewerbezone, sofern nicht Standortgebundenheit geltend gemacht werden kann (Mündl. Auskunft E. Staub, BAFU).

8.2 WEITERBILDUNGSANGEBOTE

In der Schweiz existiert im Unterschied zu Deutschland keine Berufslehre (eidg. Fähigkeitszeugnis) für Fischzüchter. Gegenwärtig ist eine Revision der Tierschutzverordnung in Vorbereitung (vgl. Kap. 8.1). Auf aktuellem Stand ist darin lediglich eine Ausbildungspflicht vorgesehen (Art. 94). Im deutschsprachigen Raum bietet die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Institut für Fischerei) in Starnberg eine Ausbildung für Berufsfischer und Fischzüchter an. Diese dauert 3 Jahre und setzt sich zusammen aus einer praktischen Ausbildung im Betrieb, aus Unterricht an der Berufsschule Starnberg und einer überbetrieblichen Schulung an der Landesanstalt für Fischerei. Die Berufsausbildung endet mit der Abschlussprüfung zum Fischwirt / zur Fischwirtin. Nach weiteren 5 Jahren kann an gleicher Stelle, unter Ausweisung einer 5-jährigen Praxis, der Meisterbrief erworben werden.

Weitere Informationen unter:

www.berufsschule.starnberg.org

www.lfl.bayern.de

www.bafu.admin.ch/fischerei/

Die Hochschule Wädenswil plant längerfristig, bei genügend Interesse, Einführungskurse in **«Aquaponic für angehende Fischzuchtbetreiber»** anzubieten.

8.3 NÜTZLICHE LINKS

www.aquaponic.ch	Fachstelle Ökotechnologie der Hochschule Wädenswil
www.bafu.admin.ch/fischerei	BAFU, Sektion Fischerei und Aquatische Fauna
www.fischereiberatung.ch	Anlaufstelle in der Schweiz für den Bereich Fischerei und Gewässer
www.fischnetz.ch	Forschungsprojekt Netzwerk Fischrückgang Schweiz (EAWAG, BAFU, SVF)
www.fischzuechter.ch	Verband Schweizer Fischzüchter
www.lfl.bayern.de/ifi/	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei
	Infos zur Forellen- und Karpfenteichwirtschaft
www.lwk-niedersachsen.de	Landwirtschaftskammer Niedersachsen → Portal Tier/Fische
	Infos zu Aquakultur in der Landwirtschaft
www.fischinfo.de	Fisch-Informationszentrum (FIZ)
www.fair-fish.ch	Tierschutz bei Fischen
www.agfish.ch	Tierschutz bei Fischen
www.wwf.ch/fisch	Fischeinkaufsführer WWF
www.fische.ch	Internet-Plattform der Schweiz zum Thema Fisch
www.backyardaquaponic.com	Informationen zu Aquaponic (in Englisch)
www.aquaponicsjournal.com	Informationen zu Aquaponic (in Englisch)
www.townsqsr.com/snsaqua	Informationen zu Aquaponic (in Englisch)
http://rainbow.konto.itv.se	Informationen zu Aquaponic (in Englisch)
http://aquanic.org	Informationen zu Fischen und Aquakultursystemen (in Englisch)
www.aquakulturtechnik.de	Lexikon zu Begriffen in der Aquakultur

9 L I T E R A T U R U N D Q U E L L E N

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2003/04): Speisefischproduktion in der Schweiz. Mitteilungen zur Fischerei, Nr. 81.

BAFU (2005): Importstatistik für Fische in Tonnen. Quelle: SWISS-Impex (DB der EZV).

Brombach, C. (2007): Fachliche Unterstützung des Kapitels Gesundheit und Fischkonsum. Hochschule Wädenswil (HSW).

Bundesministerium Oesterreich (2005): Gesetzliche Begrenzung von wässrigen Emissionen aus Aquakulturanlagen. Abwasseremissionsverordnung Aquakultur (AEV Aquakultur), BGBl. II Nr. 397/2004.

Eichholzer, M. / Bernasconi, F. / Jordan, P. / Gutzwiller F. (2005): Ernährung in der Schweiz, Resultate der Schweizerischen Gesundheitsbefragung 2002. Praxis Originalartikel 2005; 94: 1713–1721.

Fischer & Teichwirt (2002): Ausgabe 10/2002.

Fischtechnik Fredelsloh GmbH, Moringen, www.fischtechnik-gmbh.de

Gohlke, H. (2003): Schutz aus dem Meer, Omega-3-Fettsäuren aus Pflanzen und Fischen. Herz Heute 3/2003.

Haertel-Borer, S. (2006): Auskunft gemäss E-Mail. Fischereiberatungsstelle (FIBER), EAWAG, Kastanienbaum.

Haas, E. (1997): Der Karpfenteich und seine Fische. Stocker, Graz.

Hargreaves J. / Brunson M. (1996): Carbon Dioxide in Fish Ponds. Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 468, 1996.

Hinz V. (2006): Der Weg zur eigenen Fischproduktion. Vortrag Eurotier (Hannover), Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Karl, H. / Lehmann, I. / Oehlenschläger, J. (2000): Schadstoffe in Fischen: heute noch ein Thema? Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Forschungsreport 2/2000.

Kris-Etherton, P.M. / Harris, W.S. / Appel, L.J. (2002): Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. American Heart Association, Circulation 2002 ;106;2747-2757.

Moore, M. (2003): Die blaue Revolution fängt auf dem Acker an. Flur und Furche Nr. 4, S. 6-8.

Projekträger Jülich PTJ (2002): Leitfaden für die weitere Entwicklung einer tier- und umweltgerechten Aquakultur in Mecklenburg-Vorpommern. Entwurf, Fassung vom 28.05.2002.

Schäperclaus W. / von Lukowicz M. (1998): Lehrbuch der Teichwirtschaft, Angaben für Regenbogenforelle. Parey Buchverlag, Berlin.

Sindilariu P.-D. (keine Jahresangabe): Möglichkeiten zur Reduzierung der Ablaufwasserbelastung aus der Forellenproduktion. Institut für Fischerei Starnberg.

Skjølstrup, J. / **McLean**, E. / **Nielsen**, P. / **Fryer**, J. (2000): The influence of dietary oxolinic acid on fluidised bed biofilter performance in a recirculation system for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 183, S. 255–268.

Timmons, M. / **Ebeling**, J. / **Wheaton**, F. / **Summerfelt**, S. / **Vinci**, B. (2002): *Recirculating Aquaculture Systems*. Northeastern Regional Aquaculture Center, Cayuga Aqua Ventures, New York, 769 S.

Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien. www.boku.ac.at

Winkel, S. (2004): *Ökonomie der Karpfenteichwirtschaft*. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 1 - 10. Jahrgang 2005, Dresden.