©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Wissenschaft

Österreichs Fischerei Jahrgang 44/1991 Seite 270–286

Werner Steffens

Neue Wege in der Forellenfütterung[1)]

1. Einleitung

Das Ziel der Forellenfütterung besteht heute, und erst recht gilt das für die Zukunft, nicht mehr allein darin, ein schnelles Wachstum bei vertretbarem finanziellem Aufwand zu erzielen. Vielmehr muß die Fütterung verstärkt auch darauf orientieren, das Wasser bei der Forellenaufzucht möglichst wenig zu belasten (Steffens 1989a, 1990a, 1990b). Und schließlich sollte mit zweckmäßig zusammengesetzten Futtermitteln außerdem angestrebt werden, die Qualität der Forellen als menschliche Nahrung günstig zu gestalten. Unter diesen drei Hauptaspekten müssen alle Bemühungen zur Weiterentwicklung der Forellenfuttermittel und der Forellenfütterung in den kommenden Jahren betrachtet werden.

Ebenso wie in vielen anderen Zweigen der tierischen Produktion handelt es sich bei der Forellenaufzucht um eine Veredelungswirtschaft, die zu einem erheblichen Teil hochwertige pflanzliche und tierische Rohstoffe einsetzt, um ein vom Menschen erwünschtes Fischeiweiß zu erzeugen. Der bei diesem Stoffumsatz erzielte Nutzeffekt ist leider relativ gering. Diese in Anbetracht des auf vielen Kontinenten der Erde herrschenden Hungers durchaus kritisch zu bewertende Situation stellt allerdings keine Besonderheit der Fischzucht dar, sondern betrifft viele der heutigen intensiven Verfahren der landwirtschaftlichen Tierproduktion.

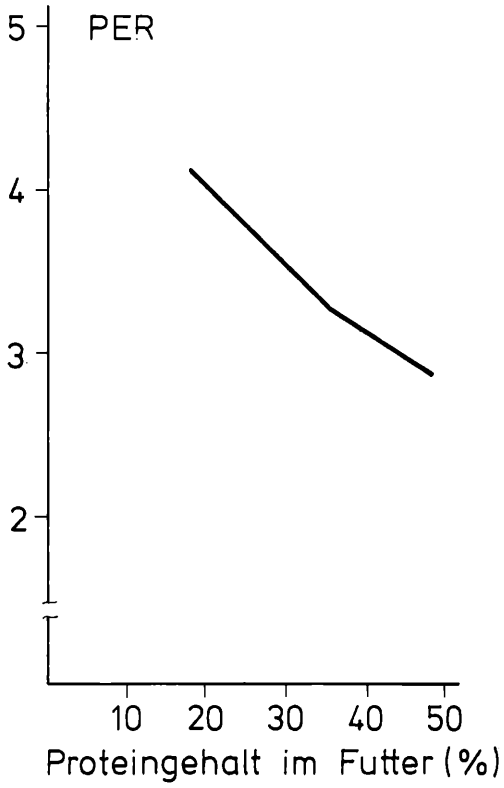

Abb. 1: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rohprotein im Futter und der Proteinnutzung (PER) bei jungen Regenbogenforellen. Das verwendete Futter enthielt 15% Fett (nach Takeuchi und Mitarb. 1978b)

2. Zusammensetzung der Forellenfuttermittel

2.1. Protein

Dem Nährstoff Eiweiß muß in den Futtermitteln besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zunächst kommt es auf die Qualität des Proteins, d. h. seine Aminosäurenzusammensetzung an (Wilson 1985; Walton 1985; Steffens 1985b, 1987b, 1989b). Nur wenn alle essentiellen Aminosäuren in ausreichender Menge und im optimalen Verhältnis zueinander im Futter vorhanden sind, kann mit schnellem Wachstum gerechnet werden. Als limitierend ist vielfach die schwefelhaltige Aminosäure Methionin anzusehen, aber auch andere Aminosäuren können sich in bestimmten Proteinen im Minimum befinden. Aus diesem Grund muß die Art des eingesetzten Proteins sorgfältig beachtet werden. Liegen Amino-

1) Nach einem Vortrag auf dem Seminar »Forellenzucht 2000« des Verbandes Österreichischer Forellenzüchter am 5. Februar 1991 in Salzburg.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

säurenimbalanzen vor, dann kann dies durch Zusätze synthetischer Aminosäuren kompensiert werden.
Eine weitere wichtige Frage stellt die erforderliche Höhe des Eiweißgehaltes im Forellenfutter dar. Hohe Proteingehalte haben im allgemeinen schnelles Wachstum und gute Futterverwertung zur Folge. Andererseits führen sie zu ungünstiger Eiweißnutzung (Abb. 1) und zu verstärkter Stickstoffausscheidung (Abb. 2), was Anreicherung des Wassers mit Ammonium bewirkt und Kiemenschädigungen auslösen kann. Der Futterproteingehalt sollte daher keinesfalls unnötig hoch sein. In vielen Futtermitteln liegt er heute noch zwischen 40 und 50%. Unter der Voraussetzung guter Eiweißqualität und reichlichen Energiegehaltes sowie günstiger Umweltbedingungen läßt sich ab Setzlingsgröße aber schon mit einem Eiweißgehalt von 35% ein sehr gutes Ergebnis erreichen (Lee und Putnam 1973; Ogino u. Mitarb. 1976). Bei Ergänzung des Futters mit Aminosäuren ergaben sich in Versuchen keine Wachstumsunterschiede bei Futtereiweißgehalten zwischen 30 und 60% (Luquet 1971). Differenzen im Proteinbedarf, die aus der Größe der Fische und der Wassertemperatur resultieren, lassen sich durch unterschiedliche Futtermengen ausgleichen. Lediglich bei Brut erscheint es sinnvoll, Futter mit einem Eiweißgehalt bis zu 50% einzusetzen.
Gegenwärtig ist Fischmehl die Hauptproteinquelle in den meisten Forellenfuttermitteln. Da der Aminosäurenbedarf der Fische weitgehend ihrer Aminosäurenzusammensetzung entspricht, ist Fischmehl in dieser Hinsicht als ideale Futterkomponente anzusehen. Andererseits sind Fische als Rohware zur Herstellung von Mehl und als Bestandteil von Futtermitteln eigentlich zu kostbar. Die starke Befischung vieler mariner Fischarten wird dazu führen, daß die Bestände in Zukunft weiter zurückgehen und Fischmehl damit knapper und teurer wird. Deswegen kommt dem Ersatz von Fischmehl in den Futtermitteln (auch für andere Tierarten) wachsende Bedeutung zu.
Vorzüglich bewährt hat sich die Verwendung von Krillmehl (Steffens 1980a; Steffens und Albrecht 1980, 1981). Der hohe Fluoridgehalt des Krills stört nicht, da dieser sich überwiegend im Skelett der Fische ablagert (Tiews u. Mitarb. 1981). Es ist jedoch noch zweifelhaft, ob ein Krillfang in der Antarktis ökologisch und wirtschaftlich vertretbar ist.
Fischmehl kann auch sehr gut durch Geflügelabfallmehl ersetzt werden (Steffens 1985a, 1987a, 1987e). Die Hälfte des Fischmehls im Forellenbrutfutter läßt sich ohne negativen Einfluß auf Wachstum und Futterverwertung durch Geflügelabfallmehl austauschen. Bei vollständigem Ersatz des tierischen Eiweißes durch Geflügelabfallmehl ist eine Ergänzung durch Methionin und Lysin notwendig (Tab. 1). Hier bietet sich eine ausgezeichnete Möglichkeit, Abfälle aus der tierischen Produktion sinnvoll im Forellenfutter einzusetzen.

Intensiv werden Arbeiten für einen möglichst weitgehenden Fischmehlersatz durch pflanzliche Proteine durchgeführt. In Betracht kommt z. B. Sojabohnenprotein (Tiews u. Mitarb. 1976; Reinitz u. Mitarb. 1978; Spinelli u. Mitarb. 1979; Tacon u. Mitarb. 1983; Alexis u. Mitarb. 1985;

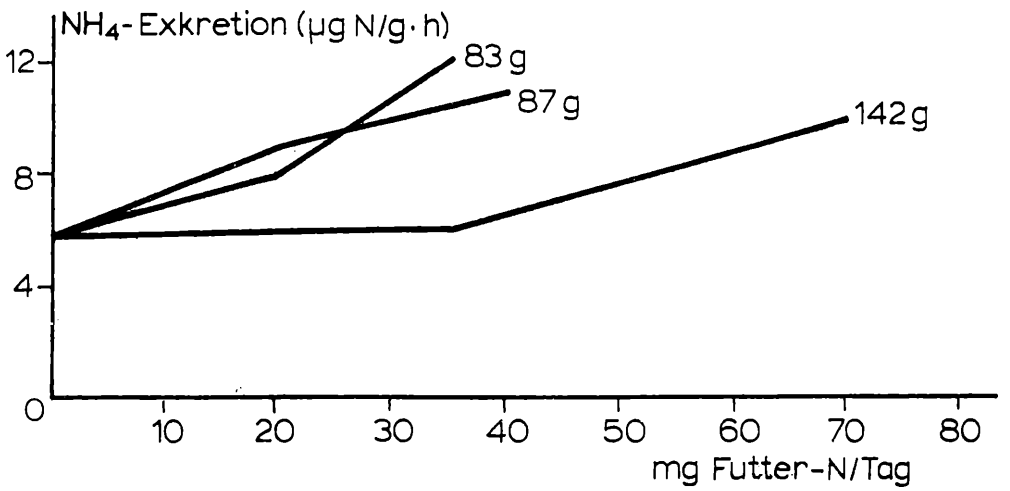

Abb. 2: Abhängigkeit der Ammoniumexkretion von der Höhe der täglichen N-Aufnahme (nach Paulson 1980)

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 1: **Zuwachs und Futterverwertung von Regenbogenforellen bei Fütterung mit Geflügelabfallmehl als einzige tierische Eiweißquelle (nach Steffens 1987e)**

	Versuchsgruppe (Futter mit 50% Geflügelabfallmehl)	Kontrollgruppe (Futter mit 51,5% Fischmehl)
Rohproteingehalt des Futters (% der Frischsubstanz)	52,3	50,3
Zahl der Fütterungstage	44	44
Anfangsmasse (g)	17,2	16,4
Endmasse (g)	44,8	45,8
Gesamtmasse (kg/m³)	157	170
Zuwachs/Fütterungstag (%)	2,17	2,33
Futtermenge/Fütterungstag (%)	3,51	3,24
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)	1,62	1,39

Dabrowski u. Mitarb. 1989; Olli u. Mitarb. 1990). Die Ergebnisse sind teilweise ermutigend und werden in Verbindung mit Aminosäurensupplementierungen Bedeutung für die Herstellung von Futtermitteln gewinnen.

In Zukunft werden unkonventionelle Substanzen, wie z. B. Einzellerproteine, wachsende Bedeutung als Eiweißquelle in den Futtermitteln erlangen (Matty und Smith 1978; Spinelli 1980; Steffens 1982; Tacon und Jackson 1985). Aussichtsreiche Komponenten sind Hefen und Bakterienbiomassen, die als Nährstoffsubstrat Erdöl, Methanol oder Ethanol nutzen können. Die Proteinsyntheserate beträgt bei Hefen das 1000fache des vergleichbaren Wertes von Sojabohnen. Gegenüber den Hefen weisen Bakterien eine noch schnellere Proteinsyntheserate auf. Unter günstigen Produktionsbedingungen verdoppelt sich die Zellmasse einer Bakterienkultur in 1 bis 4 Stunden. Gute Resultate wurden z. B. mit Erdölhefe erzielt (Beck u. Mitarb. 1979; Tiews u. Mitarb. 1979). Bei höheren Anteilen im Futter sind Supplementierungen mit bestimmten Aminosäuren notwendig. Methanolbakterienbiomasse ließ sich ohne nachteilige Folgen in einer Menge bis zu 30% im Forellenfutter einsetzen (Tab. 2).

Tabelle 2: **Zuwachs und Futterverwertung von Regenbogenforellen bei Verabreichung von Futtermitteln mit einem Gehalt von 15% und 30% Methanolbakterienbiomasse, MBM (nach Steffens u. Mitarb. 1988)**

	Versuchsgruppe I (Futter mit 15% MBM)	Versuchsgruppe II (Futter mit 30% MBM)	Kontrollgruppe
Rohproteingehalt des Futters (% der Frischsubstanz)	50,6	50,7	49,5
Zahl der Fütterungstage	70	70	70
Anfangsmasse (g)	22,4	23,8	22,2
Endmasse (g)	38,9	41,2	37,9
Zuwachs/Fütterungstag (%)	1,44	1,44	1,42
Futtermenge/Fütterungstag (%)	1,76	1,81	1,72
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)	1,22	1,26	1,21

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Auf Grund der schon heute vorliegenden Ergebnisse kann in den kommenden Jahren mit einem zunehmenden Ersatz von Fischmehl durch andere Proteinträger in den Futtermitteln gerechnet werden.

2.2. Fett

Während Eiweiß der wichtigste Baustoff des tierischen Organismus ist, kommt den Fetten große Bedeutung als Energiequelle zu. Weiterhin spielen Fette für die Nutzung der fettlöslichen Vitamine eine Rolle. Darüber hinaus gibt es bestimmte essentielle Fettsäuren, die mit dem Futter zugeführt werden müssen, weil sonst Gesundheitsschädigungen bei den Forellen auftreten (Wachstumsverschlechterung, Erosion der Schwanzflosse sowie ein spezifisches Schocksyndrom). Wichtig ist die Zufuhr hochungesättigter Fettsäuren der n-3-Reihe, unter denen die Linolensäure für die Regenbogenforelle von besonderem Wert ist. Der Mindestbedarf an dieser Fettsäure beträgt etwa 1% des Futters oder 2,7% des Futterenergiegehaltes (Yu u. Mitarb. 1979; Castell 1979; Kanazawa 1985; Steffens 1989b). Der Bedarf der Forellen an den genannten hochungesättigten Fettsäuren hängt mit den niedrigen Temperaturverhältnissen dieser Fische zusammen.

Tabelle 3: **Scheinbare Verdaulichkeit (%) der Fette verschiedener Futterkomponenten für Regenbogenforellen von 1 kg Stückmasse (nach Ellis und Smith 1984)**

Futterkomponente	Fettgehalt im Futter (%)	Fettverdaulichkeit (%)
Anchovismehl	13	89
Loddemehl	10	86
Heringsabfallmehl	11	90
Brown Scrapie Meal	43	88
Mischung aus Fisch- und Sojaöl	7–16	87–91

Fette werden im allgemeinen sehr gut verdaut (Tab. 3) und üben bei höheren Anteilen im Futter einen Proteinspareffekt aus (Tab. 4). Im Gegensatz zum Eiweiß führen sie zu keiner Gewässerbelastung. Verstärkter Fetteinsatz im Forellenfutter ist daher aus den genannten Gründen zu begrüßen.

Ein gewisser Fettgehalt in den Futtermitteln stammt aus den eingesetzten Rohstoffen. Entsprechend deren Qualität sind das im allgemeinen 5–6%. Um höhere Werte zu erreichen, müssen den Futtermitteln bei oder nach der Herstellung Fette zugesetzt werden. Hierüber liegen bereits vielfältige Erfahrungen vor (Steffens 1977, 1987c). Wenn davon ausgegangen werden kann, daß der essentielle Fettsäurenbedarf durch den schon im Futter enthaltenen Fettanteil (z. B. das Fett im Fischmehl) weitgehend befriedigt wird, lassen sich Fette unterschiedlicher Qualität einsetzen. Allerdings kann nicht immer mit Sicherheit damit gerechnet werden, daß ausreichende Mengen an essentiellen Fettsäuren schon in den Rohstoffen enthalten sind. Dem muß der Lipidzusatz dann Rechnung tragen.

Tabelle 4: **Auswirkungen unterschiedlicher Fett- und Proteingehalte im Futter auf den Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs) von Regenbogenforellen (nach Gropp u. Mitarb. 1982)**

Fettgehalt (%)	Rohproteingehalt (%) 45	40	35	30
10	1,23	1,31	1,42	1,69
12,5	1,15	1,28	1,44	1,62
15	1,15	1,22	1,31	1,42

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

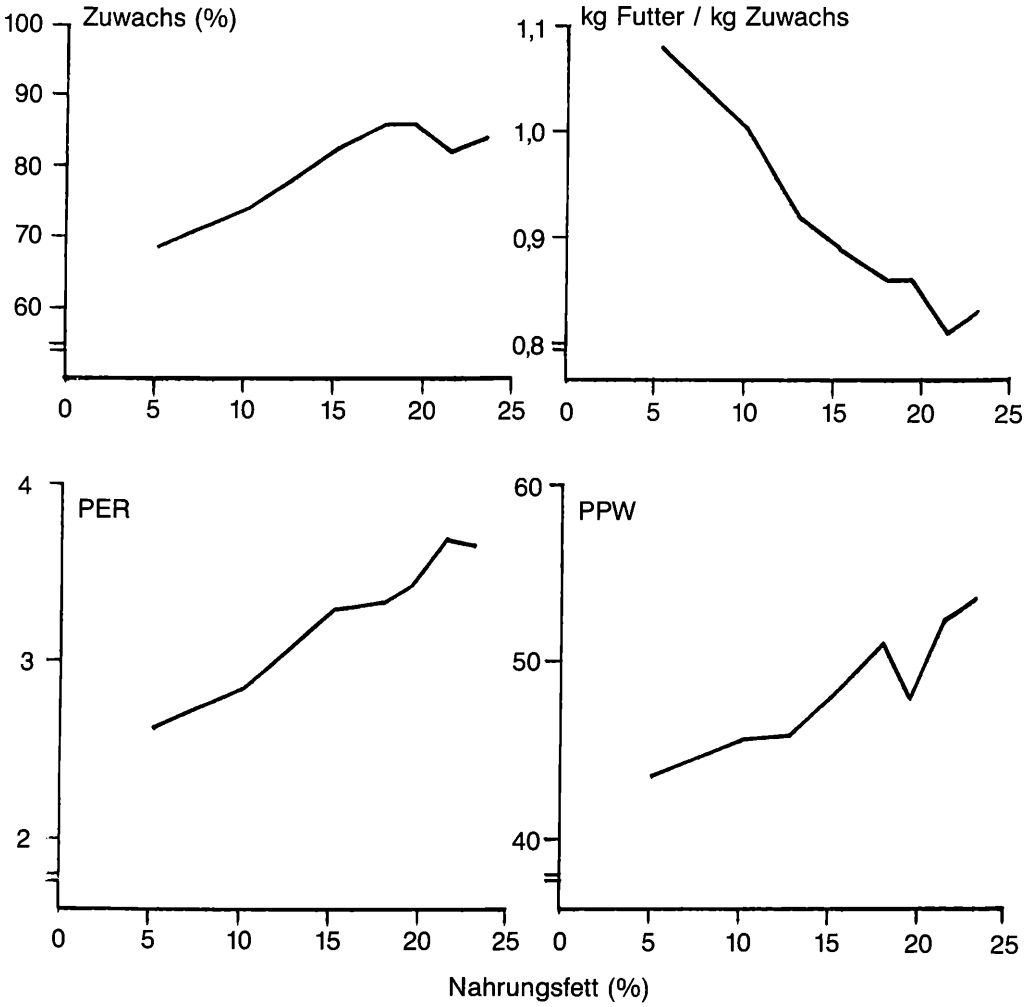

Abb. 3: Einfluß von unterschiedlichem Fettgehalt im Futter mit 35% Protein auf Zuwachs, Futteraufwand, PER und PPW bei jungen Regenbogenforellen (nach Takeuchi u. Mitarb. 1978c)

Bevorzugt werden Fischöle zur Auffettung von Forellenfuttermitteln eingesetzt. Aber auch pflanzliche Öle bieten sich in bestimmtem Umfang für diese Zwecke an. Darüber hinaus kommen sogar harte Fette, vor allem in Mischung mit Ölen, als Futterzusatz in Betracht (Steffens und Albrecht 1979; Csengeri u. Mitarb. 1986). Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse eines Versuchs zur Erhöhung des Fettgehaltes im Forellenfutter durch Zusatz von etwa 10% Sonnenblumenöl. Es ist ersichtlich, daß sich Zuwachs, Futteraufwand und Proteinnutzung durch den erhöhten Futterfettgehalt deutlich günstiger gestalten. Auf der anderen Seite trägt hoher Futterfettgehalt auch zu einem Anwachsen des Fettgehaltes im Forellenorganismus bei (Tab. 6). Bei der Prüfung unterschiedlicher Fette in Hinblick auf ihre Eignung als Zusatz zu Futtermitteln für Regenbogenforellen in einer Menge von jeweils 10% konnten die in Tabelle 7 wiedergegebenen relativen Futterquotienten ermittelt werden. Wie ersichtlich ergibt sich mit dem Rotbarschöl das beste Ergebnis.
In amerikanischen Experimenten wurden Ölzusätze bis zu einer Höhe von 45% getestet (Kellems und Sinnhuber 1982). In praktischen Futtermitteln geht der Fettgehalt heute im allgemeinen bis maximal 24%. Bei Regenbogenforellen von 250–550 g Stückmasse und Futterproteingehalten von

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 5: **Zuwachs und Futterverwertung von Regenbogenforellen bei Verfütterung von Mischfutter ohne und mit Zusatz von Sonnenblumenöl (nach Steffens und Albrecht 1973)**

	Pellets ohne Ölzusatz (4% Fett)	Pellets mit Ölzusatz (15% Fett)
Zuwachs/Fütterungstag (%)	0,96	1,04
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)	1,78	1,57
Produktiver Proteinwert (PPW)	25,8	31,7

Tabelle 6: **Chemische Zusammensetzung (in % der Frischsubstanz) von Regenbogenforellen (eßbarer Anteil = Muskulatur + Haut) nach Verfütterung von Mischfutter ohne und mit Zusatz von Sonnenblumenöl (nach Steffens und Albrecht 1973)**

Nach Fütterung mit:	Pellets ohne Ölzusatz (4% Fett)	Pellets mit Ölzusatz (15% Fett)
Trockensubstanz	28,5	30,9
Rohprotein	20,1	19,4
Rohfett	6,4	9,0
Asche	1,8	1,5

Tabelle 7:

Relativer Futteraufwand (Futter mit 10% Sonnenblumenöl = 100%) von Futtermischungen mit Zusatz unterschiedlicher Fette in einer Menge von jeweils 10% bei jungen Regenbogenforellen (nach Hartfiel u. Mitarb. 1984)

Futterfett	relativer Futteraufwand (%)
Sonnenblumenöl	100
Rotbarschöl	81
Sojaraffinationsfettsäuren	79–91
tierisches Mischfett	92
Rapsöl, erucasäurearm	91
Rapsöl, erucasäurereich	93
Sojaöl, raffiniert	91–95
Sojaöl, roh	95
Leinöl	95
Reisöl	98
Knochenfett	98
Schweineschmalz	98
Maiskeimöl	104
Rindertalg	108
Olivenöl	110
mikronisierte Hartfettsäuren	128

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

30–43% sowie unterschiedlicher Fütterungsintensität bewirkte ein Fettgehalt von 24% ein besseres Wachstum als ein Fettgehalt von nur 12% (Beamish und Medland 1986). Nach japanischen Untersuchungen war ein Protein/Fett-Verhältnis von 35:18% optimal, wobei Eiweiß und Öl höchster Qualität eingesetzt wurden (Takeuchi u. Mitarb. 1978a, 1978b, 1978c). Der Einfluß der Höhe des Fettgehaltes im Futter auf Zuwachs, Futterverwertung und Eiweißnutzung (PER und PPW) geht aus Abbildung 3 hervor. Um die Forellen nicht allzu fett werden zu lassen, sollte ein Futterlipidgehalt von 15–20% in der Regel nicht überschritten werden.
Große Bedeutung ist dem Frischegrad des eingesetzten Fettes beizumessen. Öle werden durch Oxydation der Fettsäuren bei Einwirkung von Luftsauerstoff sehr schnell ranzig (autoxydativer Fettverderb). Höhere Temperaturen begünstigen diesen Prozeß. Durch Zusatz von synthetischen Antioxydanzien kann der Fettoxydation begegnet werden. Allerdings bieten diese Substanzen lediglich einen zeitlich begrenzten Schutz. Die Verfütterung verdorbener Fette führt nicht nur zu schlechter Futterverwertung und Wachstumsdepression, sondern kann auch Verluste zur Folge haben (Hohjoh u. Mitarb. 1967).
Neben den positiven Auswirkungen, die die Verfütterung geeigneter Lipide auf Wachstum, Futterverwertung, Proteinnutzung und damit Stickstoffexkretion der Forellen hat, kann bei Verabreichung von Fischölen mit einem größeren Anteil von hochungesättigten Fettsäuren der n-3-Reihe auch ein günstiger Einfluß auf die Fische als menschliches Nahrungsmittel genommen werden (Anonym 1982; Takeuchi und Watanabe 1982; Boggio u. Mitarb. 1985; Kayama 1986). Die verfütterten Fettsäuren finden sich nämlich in gewissem Umfang im Fett der Forellen wieder, und der Verzehr von Fischen mit einem hohen n-3-Fettsäurespiegel kann zur Vorbeugung und Heilung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen beitragen.

2.3. Kohlenhydrate

Bis heute werden teilweise immer noch Zweifel an der Nutzung von Kohlenhydraten durch Forellen geäußert. Wenn auch berücksichtigt werden muß, daß höher molekulare native Kohlenhydrate (Stärke) von Forellen im Gegensatz zum Karpfen relativ schlecht verdaut werden, so steht doch außer Zweifel, daß aufgeschlossene Kohlenhydrate für die Regenbogenforelle brauchbare Energielieferanten sind, wenn sie natürlich auch in dieser Hinsicht nicht mit den Fetten konkurrieren können (Pieper und Pfeffer 1980; Dabrowski 1987). Zu beachten ist, daß hohe Gehalte an Rohfaser, wie sie sich nicht selten durch Verwendung von Getreideprodukten als Bestandteil von Futtermitteln ergeben, die Verdaulichkeit des Futters verschlechtern (Hilton u. Mitarb. 1983; Bromley und Adkins 1984). Ein Aufschluß von Kohlenhydraten ist durch Wärme oder Extrusion möglich. Auf diese Weise läßt sich die Verdaulichkeit von Stärke für Regenbogenforellen um 100% verbessern (Tab. 8). Der günstige Einfluß von aufgeschlossener Stärke auf Wachstum und Futterverwertung von Regenbogenforellen geht aus Tabelle 9 hervor. Bessere Verdauung, die zu einem günstigeren Futterquotienten führt, vermindert natürlich auch die Wasserbelastung durch den Kot der Fische, so daß mit aufgeschlossener Stärke nicht nur ein besseres Wachstum, sondern auch ein positiver Einfluß auf die Umweltbedingungen erzielt wird. In Abhängigkeit von der Form der Kohlenhydrate sollte ein Gehalt von 30% im Forellenfutter nicht nennenswert überschritten werden, für verdauliche Stärke werden 15–20% als Grenzwert angegeben (Abel u. Mitarb. 1982).

2.4. Futterenergiegehalt

Ein hoher Energiegehalt bewirkt, gute Verdaulichkeit des Futters vorausgesetzt, einen niedrigen Futterquotienten bei schnellem Wachstum und ist daher auch für die Wasserqualität als günstig anzusehen. Der Energiebedarf der Regenbogenforelle für schnelles Wachstum ist wie der anderer

Tabelle 8: **Verdaulichkeit von nativer und aufgeschlossener Maisstärke (bei einem Gehalt von 30% im Futter) in Abhängigkeit von der Höhe der Futteraufnahme bei Regenbogenforellen (nach Bergot und Breque 1983)**

Tägliche Futtermenge (%)	Verdaulichkeit (%) rohe Maisstärke	aufgeschl. Maisstärke
0,5	55	90
1,0	38	87

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 9: **Wachstum und Futterverwertung von Regenbogenforellen bei Einsatz von Mais in roher und extrudierter Form im Trockenmischfutter (nach Forneris u. Mitarb. 1986)**

roher Mais	(%)	42		26
extrudierter Mais	(%)		42	
Fischmehl	(%)	22	22	38
Rohprotein	(%)	36	37	45
NFE	(%)	38	36	25
Zuwachs (% der Anfangsmasse)		49	61	58
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)		1,50	1,24	1,20

Fische von verschiedenen Faktoren abhängig (Steffens 1984). Eine wichtige Rolle spielt das Protein/Energie-Verhältnis (Cho und Kaushik 1985). Wünschenswert ist ein Bruttoenergiegehalt von 18–20 MJ/kg Trockenfutter (Gropp 1986). Besteht das Futter aus gut verdaulichen Komponenten, so ist es ausreichend, wenn 40% der Bruttoenergie des Futters auf Protein entfallen (Petrasch und Pfeffer 1982). Die übrigen 60% der Energie sollten sowohl aus Fetten (30–40%) als auch aus Kohlenhydraten (20–30%) bestehen. Wie wichtig es ist, daß sich der Nichtproteinenergieanteil des Forellenfutters aus Fetten und gut verdaulichen Kohlenhydraten zusammensetzt, zeigen die in Tabelle 10 dargestellten Versuchsergebnisse. Der Zuwachs der Fische war am besten, der Energieaufwand am geringsten und die Eiweißnutzung am günstigsten, wenn das Futter 21% Fett und 35% Maisquellstärke oder 12% Fett und 46% Maisquellstärke enthielt.
Wie ein Forellenmastfutter möglicherweise energetisch zusammengesetzt sein könnte oder sollte, zeigt das Schema in Tabelle 11. Das Futter weist einen Bruttoenergiegehalt von 19,4 MJ/kg auf, wovon 43% auf Protein, 31% auf Fett und 26% auf Kohlenhydrate (stickstofffreie Extraktstoffe) entfallen.

2.5. Vitamine

Neben den Nährstoffen, d. h. Eiweiß, Fetten und Kohlenhydraten, kommt den Vitaminen eine große Bedeutung in den Mischfuttermitteln für Forellen zu. Ohne den Einsatz sorgfältig zusammengesetzter Vitaminvormischungen sind vollwertige Mischfuttermittel für Fische nicht denkbar

Tabelle 10: **Einfluß unterschiedlicher Fett- und Kohlenhydratgehalte in Futtermitteln auf Zuwachs, Fettgehalt, Energieaufwand, Energie- und Proteinretention von Regenbogenforellen (nach Bieber-Wlaschny und Pfeffer 1987)**

Futterzusammensetzung (% der Tr.-Substanz)						
Sonnenblumenöl	45	33	21	12	3	1
Maisquellstärke	2	19	35	46	58	65
Zuwachs (%)	101	152	185	183	146	111
Fettgehalt (% der Körpermasse)	11,0	14,3	13,2	11,4	8,0	4,3
Energieaufwand (MJ/kg Zuwachs)	40,8	30,0	26,4	26,2	31,9	37,1
Energieretention (%)	26	40	41	29	26	17
Proteinretention (%)	20	28	33	35	29	29

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 11:

Schema der zweckmäßigen Zusammensetzung eines Futters zur Aufzucht von Speiseforellen

35%	Protein	8,365 MJ/kg (43%)
15%	Fett	5,970 MJ/kg (31%)
29%	NFE	5,104 MJ/kg (26%)
2%	Rohfaser	
1%	Vitaminvormischung	
8%	Mineralstoffe	
10%	Wasser	
100%		19,439 MJ/kg (100%)

(Halver 1980, 1982, 1985; Steffens 1974, 1985b, 1987b, 1989b). Unzureichende Vitaminversorgung ruft im allgemeinen unspezifische Mangelsyndrome wie schlechte Futteraufnahme, langsames Wachstum und ungünstige Futterverwertung hervor, in bestimmten Fällen kommt es jedoch auch zu typischen Krankheitserscheinungen. Völliger Mangel an einzelnen Vitaminen führt zu hoher Mortalität. Vor allem auf Grund intensiver amerikanischer und japanischer Untersuchungen ist der Vitaminbedarf der Regenbogenforelle heute in seinen Grundzügen bekannt. Die zugesetzten Vitaminmengen sind meist verhältnismäßig hoch. Damit kann gleichzeitig gewissen Vitaminverlusten, die eventuell bei der Lagerung des Futters auftreten, begegnet werden. Unter Umständen besteht in Zukunft bei einigen Vitaminen die Möglichkeit für eine Reduzierung der Zusätze, indem verstärkt die Vitamingehalte der verwendeten Rohstoffe Berücksichtigung finden. Hierzu sind aber noch detaillierte Untersuchungen notwendig. Besondere Beachtung verdient die ausreichende Versorgung der Forellen mit Ascorbinsäure (Abb. 4), da dieses Vitamin schon bei kurzfristiger Lagerung des Futters erhebliche Verluste erleidet. Es sollten deswegen zweckmäßigerweise Formen von Vitamin C benutzt werden, die sich durch größere Stabilität auszeichnen (Steffens 1992).

Höhere Gehalte an Vitamin E im Forellenfutter tragen zu einer Fettstabilisierung in den Filets der Fische bei, wodurch deren Qualität bei der Lagerung verbessert wird (Frigg u. Mitarb. 1990).

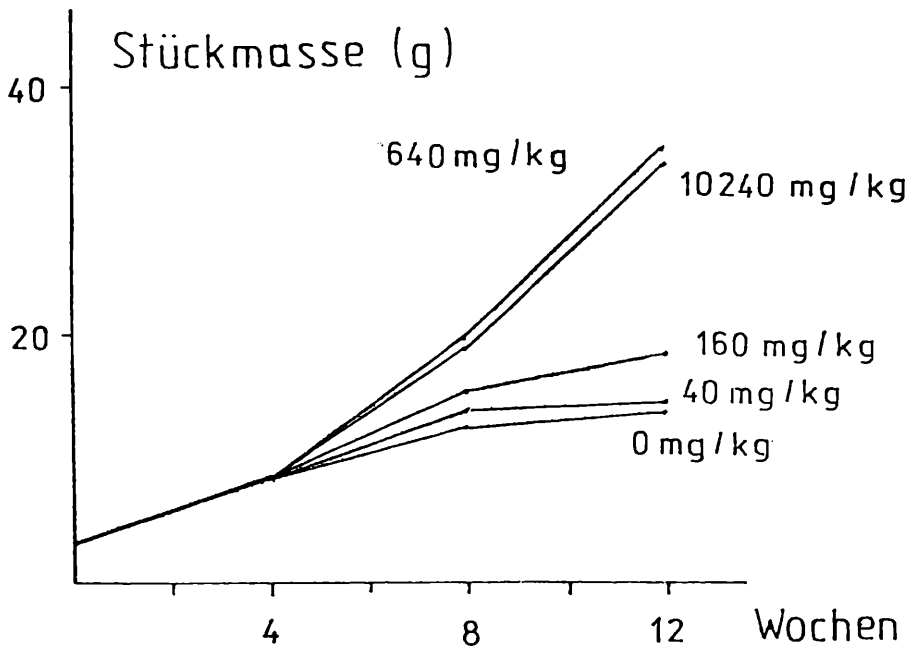

Abb. 4: Wachstum junger Regenbogenforellen bei unterschiedlichen Zusätzen von Ascorbinsäure zum Futter; Wassertemperatur 15° C (nach Hilton 1984)

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

2.6. Mineralstoffe

Für schnelles Wachstum und gute Futterverwertung ist auch eine Versorgung der Forellen mit Mineralstoffen erforderlich (Steffens 1987d). Einen Teil ihres Bedarfs können die Fische aus dem umgebenden Wasser decken, gewisse Mengen müssen jedoch mit dem Futter zugeführt werden (Tab. 12). Wenn das Mischfutter größere Mengen an Fischmehl enthält, kann damit der größte Teil des Mineralstoffbedarfs gedeckt werden. Trotzdem ist unzureichende Versorgung mit einigen Mineralstoffen in bestimmten Fällen nicht grundsätzlich auszuschließen. Das gilt vor allem dann, wenn unkonventionelle Rohstoffe zum Einsatz gelangen.

Im Hinblick auf die Probleme der Gewässerbelastung verdient die Versorgung der Forellen mit Phosphor besondere Aufmerksamkeit (Ketola 1985). Hierbei ist zu beachten, daß die Resorbierbarkeit der verschiedenen Phosphate unterschiedlich ist. Am günstigsten wäre eine bedarfsgerechte Versorgung mit resorbierbarem P ohne Überschußzufuhr, was allerdings in der Praxis der Futterherstellung schwer zu realisieren ist. Auf jeden Fall führen hohe P-Gehalte im Forellenfutter zu einer verstärkten Ausscheidung dieses Pflanzennährstoffes, die umso größer ist, je schlechter das Futter verwertet wird, wie aus Tabelle 13 deutlich abzulesen ist. Unter der Voraussetzung, daß der physiologische Bedarf der Fische durch ausreichende Mengen an verfügbarem P gedeckt ist, sollte der Gesamt-P-Gehalt im Futter so niedrig wie möglich liegen, um die Gewässerbelastung gering zu halten.

2.7. Pigmentzusätze

Um eine Rosafärbung des Forellenfleisches über Futterzusätze zu erreichen, kommen vor allem zwei synthetische Präparate in Betracht, Canthaxanthin und Astaxanthin (Torrissen 1986, 1989; Foss u. Mitarb. 1987; Choubert und Storebakken 1989; Hardy u. Mitarb. 1990). Regenbogenforellen akkumulieren die Farbstoffe besonders gut und besser als z. B. der Atlantische Lachs.

Tabelle 12:

Nahrungsbedarf der Regenbogenforelle an Mineralstoffen (nach Steffens 1989a)

Mengenelemente (g/kg)	
Ca	0,3–3
P (resorbierbar)	6
Mg	0,4–0,7
K	max. 1,6
Spurenelemente (mg/kg)	
Cu	3
Mn[1])	12–13
Zn[2])	15–30
Co	0,05
Se	0,15–0,25
I	0,6–2,8

—

1) für Jungfische

2) bei niedrigem Ca- und Phytatgehalt des Futters

Tabelle 13: **Phosphorbelastung des Wassers (g P/kg Fischzuwachs) bei unterschiedlichem Phosphorgehalt im Futter und unterschiedlichem Futteraufwand (nach Pfeffer 1989)**

Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)	Phosphorgehalt im Futter 20 g/kg	10 g/kg
1,5	26	11
1,25	21	8
1,0	16	6

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Der zu erzielende Effekt hängt von der Konzentration der Carotinoide im Futter und von der Dauer der Fütterung ab. Die Pigmentierungskapazität nimmt mit der Wachstumsrate und der Größe der Fische zu, korreliert jedoch nicht mit dem Fettgehalt des Fleisches. Die Sättigungswerte betragen bei Regenbogenforellen etwa 5–10 mg/kg Fleisch und lassen sich nach einer Fütterungsdauer von etwa 5–6 Monaten erreichen. Ein Carotinoidgehalt von etwa 2 mg/kg Fleisch wurde nach einer Verabreichung von 30–50 mg/kg Futter über 2 bis 3 Monate festgestellt. Astaxanthin scheint besser resorbiert zu werden als Canthaxanthin. Aus zahlreichen Experimenten ergibt sich, daß eine Konzentration von mindestens 50 mg Carotinoid/kg Futter angestrebt werden sollte. Da mit dem Aufhören der Carotinoidzufuhr ein allmählicher Abbau des im Fleisch eingelagerten Farbstoffes einsetzt, ist das Futter mit den Pigmentzusätzen in den letzten Produktionsmonaten zu verabreichen.
Wo der Wunsch des Verbrauchers nach pigmentiertem Forellenfleisch besteht, sollte dem Rechnung getragen werden. Gesundheitliche Bedenken dagegen sind nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse nicht mehr geltend zu machen, obwohl solche Carotinoidzusätze zumindest für Portionsforellen auch nicht unbedingt notwendig erscheinen.

3. Futterherstellung

Die Mischfuttermittel für die Fischproduktion wurden bisher zum größten Teil mit Hilfe von entsprechenden technischen Einrichtungen durch Vermischen und Zerkleinerung (Vermahlen) der Komponenten sowie anschließendes Pressen in Form von Pellets unterschiedlichen Durchmessers hergestellt. Dabei ist es wichtig, daß die Rohstoffe im Produktionsprozeß möglichst schonend behandelt werden und stabile, jedoch auch nicht zu feste Preßlinge entstehen.
In zunehmendem Maße wird heute Fischfutter mit Hilfe von Extrusions- oder Expansionsverfahren hergestellt. Das hat den Vorteil, daß bestimmte Komponenten (insbesondere die Kohlenhydrate) einen Aufschluß erfahren, der zu einer wesentlich besseren Verdaulichkeit des gesamten Futters führt. Damit stehen den Fischen bei gleicher Futtermenge mehr Nährstoffe und mehr Energie zur direkten Verwertung zur Verfügung, wodurch sich der Futterquotient verbessert. Extrudiertes oder expandiertes Futter führt damit zu einer geringeren Umweltbelastung und ist aus ökologischen Gründen zu bevorzugen. Es darf erwartet werden, daß in absehbarer Zeit überwiegend auf diese Weise hergestellte Futtermittel zur Forellenfütterung Verwendung finden.

4. Verfahren der Fütterung unter Beachtung der Umweltbedingungen

Neben der zweckmäßigen Zusammensetzung der Futtermittel spielt auch die Art der Verabreichung eine wichtige Rolle für die effektive Nutzung des Futters. In diesem Zusammenhang kommt den Umweltverhältnissen große Bedeutung zu (Steffens 1983).
Nur im optimalen Temperaturbereich kann mit schnellem Wachstum und guter Futterverwertung gerechnet werden (Fredrich und Steffens 1983). Sehr niedrige oder zu hohe Temperaturen verzögern das Wachstum und verschlechtern den Futteraufwand. Der Sauerstoffgehalt sollte möglichst nicht unter 6 mg/l absinken. Große Aufmerksamkeit muß in Verbindung mit dem pH-Wert dem NH_4-Gehalt des Wassers geschenkt werden. Die Konzentration an toxischem NH_3 sollte 0,01 mg/l nicht überschreiten. Auch überhöhte Gehalte an CO_2 und N_2 müssen vermieden werden.
Für eine gute Futterverwertung ist die richtige Bemessung der Futtermenge sehr wichtig. Die zu verabreichende tägliche Futtermenge ist u. a. in starkem Maße abhängig von der Futterqualität, der Fischgröße und der Wassertemperatur sowie weiteren Faktoren der Wasserqualität. Kleine Fische haben einen intensiven Stoffwechsel und benötigen deshalb relativ mehr Futter als große. Grundsätzlich gilt, daß steigende Fütterungsintensität den Zuwachs erhöht, die Verwertung des Futters jedoch verschlechtert. Aus den Untersuchungen von Hahlweg (1980) geht hervor, daß Fütterung bis zur Sättigung einen wesentlich höheren Futteraufwand zur Folge hat als Fütterung nach Tabellenwerten (Tab. 14). Der Fütterungsrhythmus hat in diesem Zusammenhang offensichtlich nur eine untergeordnete Bedeutung, und mit 4 Fütterungen im Verlauf von 6 Stunden lassen sich bei Setzlingen ebenso gute Ergebnisse erzielen wie mit 7 Fütterungen im Verlauf von 12 Stunden. Es ist noch zu erwähnen, daß auch sehr hohe Besatzdichten zu einer Verschlechterung des Wachstums und zu einer Erhöhung des Futteraufwandes beitragen. Übersteigen die Fischkonzentrationen in der Volumeneinheit durch das Wachstum der Fische einen bestimmten kritischen Wert, der selbstverständlich abhängig von der Fischgröße und den örtlichen Gegebenheiten ist, treten eine erhebliche Reduzierung des Wachstums und eine Verschlechterung der Futterverwertung ein, die durch Verdünnung des Bestandes vermieden werden können (Achleitner 1967; Papoutsoglou u. Mitarb. 1987).

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 14: **Wachstum (in % der Anfangsmasse) und Futteraufwand junger Regenbogenforellen (14 g Anfangsmasse) in Abhängigkeit von Zahl und Dauer der täglichen Fütterungen sowie der täglichen Futtermenge bei Wassertemperaturen von 16 bis 9° C (nach Hahlweg 1980)**

Zahl der täglichen Fütterungen	Dauer der täglichen Fütterungen (h)	Tägliche Futtermenge (%)	Zuwachs (%)	Futteraufwand (kg Futter/ kg Zuwachs)
4mal	12	11–6 (bis Sättigung)	270	2,08
4mal	12	4–2 (nach Tabelle)	198	0,88
4mal	6	4–2 (nach Tabelle)	219	0,83
7mal	12	4–2 (nach Tabelle)	217	0,82

5. Effektivität der Forellenfütterung

Bei der Fütterung von Tieren stellt sich stets die Frage nach der Effektivität. Das betrifft primär den einzelnen Fischzüchter, der beachten muß, welche Futterkosten für die Produktion von 1 t Forellen erforderlich sind. Die Problematik hat jedoch auch einen allgemeinen volkswirtschaftlichen Aspekt. In diesem Zusammenhang muß geprüft werden, wie die Fütterung der Forellen im Vergleich zu der anderer Nutztiere einzuschätzen ist. Ein wichtiges Kriterium ist dabei die Proteinnutzung. Wir müssen also die Frage beantworten, wieviel Futterprotein nötig ist, um eine bestimmte Menge an Forellenprotein zu erzeugen. Selbstverständlich unterliegen die Fütterungsergebnisse generell erheblichen Schwankungen. In Tabelle 15 wurde versucht, vorhandene Daten aus der Literatur zusammenzustellen. Es zeigt sich, daß die Regenbogenforelle insbesondere

Tabelle 15: **Vergleich der bei Regenbogenforelle, Kalb, Schwein und Hähnchen durch 1000 g Rohprotein erzeugten Mengen an Körperprotein und eßbarem Protein (nach Steffens und Albrecht 1975 sowie Piatkowski u. Mitarb. 1967, ergänzt durch Angaben von Wiesemüller, pers. Mitt. 1979)**

Tierart	durch 1000 g Rohprotein erzeugtes Körperprotein (g)	eßbares Protein (g)
Regenbogenforelle	282–345	201–248
Kalb	278–340	187–225
Schwein	250–277	169–204
Hähnchen	322–360	182–193

bezüglich des mit 1 kg Futterprotein erzeugten eßbaren Proteins eine günstige Position einnimmt. Die dargestellten Ergebnisse sind, auch was die Forellenfütterung betrifft, zweifellos noch verbesserungsfähig. So erzeugten z. B. Cho u. Mitarb. (1976) mit 1000 g Rohprotein 390 g Forellenprotein, das sind 13 % mehr als der Bestwert in Tabelle 15. Deutlich geht aber aus den dargestellten Zahlen hervor, daß der Eiweißaufwand in der tierischen Produktion grundsätzlich sehr hoch ist, wobei hier die Frage der Proteinqualität außer acht gelassen wurde. Auch in der Energienutzung ist bei Regenbogenforellen im Vergleich zu warmblütigen Tieren mit einem sehr günstigen Ergebnis zu rechnen (Steffens 1984).

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

6. Eßbarer Anteil und chemische Zusammensetzung von Regenbogenforellen

Mit Hilfe von zweckmäßig zusammengesetzten Futtermitteln erzeugt der Forellenzüchter ein wertvolles Nahrungsmittel, das keinen Vergleich mit anderen Fleisch- oder Fischarten zu scheuen braucht (Steffens 1980b, 1980c). Die Speiseforelle zeichnet sich, sofern noch kein stärkerer Gonadenansatz vorhanden ist, durch einen sehr hohen eßbaren Anteil (Muskulatur und Haut) aus, der in der Regel 60% übersteigt. Die chemische Zusammensetzung des eßbaren Anteils geht aus Tabelle 16 hervor. Wie ersichtlich, kann mit einem durchschnittlichen Rohproteingehalt von 20% gerechnet werden. Der Fettgehalt nimmt mit steigender Größe von etwa 5% auf 8% zu, was eine entsprechende Erhöhung des Energiegehaltes nach sich zieht. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß die für diese Analysen benutzten Forellen ein fettarmes Futter erhielten. Höherer Lipidgehalt im Futter bewirkt, wie schon gezeigt werden konnte, auch einen höheren Fettgehalt bei den Forellen. Fettgehaltsangaben von wenigen Prozent, wie sie sich häufig noch in Lebensmitteltabellen finden, sind für die Regenbogenforelle in der Regel nicht mehr zutreffend. Das sollte jedoch nicht als nachteilig angesehen werden, da es sich bei optimaler Futterzusammensetzung um ein Fett mit hohem Anteil von ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren handelt. Insgesamt sind mit modernen Futtermitteln aufgezogene Regenbogenforellen als Nahrungsmittel von höchster Qualität einzuschätzen.

Tabelle 16: **Chemische Zusammensetzung und Energiegehalt (in % der Frischsubstanz bzw. kJ/100 g) des eßbaren Anteils (Muskulatur und Haut) von Regenbogenforellen unterschiedlicher Größe (nach Steffens 1979)**

Geschlecht	Milchner			Rogner		
Stückmasse (g)	200	450	700	200	450	700
Trockensubstanz	26,1	28,0	30,3	26,6	27,0	30,0
Rohprotein	19,9	20,2	20,3	20,0	19,7	20,8
Fett	4,6	6,4	8,5	5,1	5,5	7,6
Asche	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4	1,6
Energiegehalt	513	587	668	534	544	642

7. Ausblick

Die bis heute vorliegenden wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Forellenernährung orientieren für die kommenden Jahre auf gut verdauliche, energiereiche und umweltfreundliche Futtermittel, die einen relativ geringen Proteinenergieanteil aufweisen. Fischmehl wird als Futtermittelkomponente zunehmend durch pflanzliche Proteine oder unkonventionelle Eiweißträger ersetzt werden. Der Nichtproteinenergieanteil sollte sowohl aus Fetten als auch aus Kohlenhydraten bestehen. Der Mineralstoffgehalt ist so zu bemessen, daß das Wasser durch die Forellenproduktion eine möglichst geringe Phosphorbelastung erfährt. Die Herstellung des Forellenfutters mittels Extrusion oder Expansion trägt zu hoher Verdaulichkeit und guter Verwertung der Nährstoffe bei und wirkt sich damit gleichzeitig positiv auf die Gewässerqualität aus. Durch die Wahl geeigneter Futterkomponenten läßt sich die Qualität der Regenbogenforellen als menschliches Nahrungsmittel günstig beeinflussen.

Zusammenfassung

Die Forellenfütterung hat das Ziel, ein schnelles Wachstum der Fische bei vertretbarem finanziellem Aufwand zu erreichen, das Wasser möglichst wenig zu belasten und die Forellen als menschliches Nahrungsmittel günstig zu beeinflussen. Die Futtermittel sollten energiereich sein und einen nicht zu hohen Proteingehalt aufweisen. Fischmehl wird in zunehmendem Maß durch pflanzliche oder mikrobielle Eiweißträger ersetzt werden. Der Nichtproteinenergiegehalt sollte sowohl aus Fetten als auch aus aufgeschlossenen Kohlenhydraten bestehen. Der Phosphorgehalt ist so zu bemessen, daß eine stärkere Gewässerbelastung durch diesen Nährstoff vermieden wird. Die Herstellung des Futters mittels Extrusion oder Expansion ist empfehlenswert, weil dadurch eine gute

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Verwertung durch die Fische erreicht wird. Für eine günstige Ausnutzung kommt auch der Futterverabreichung und den Umweltbedingungen erhebliche Bedeutung zu.

Summary

Prospects of trout feeding

The aim of trout feeding is to get a rapid increase of fish weight under economically acceptable conditions, to avoid an unnecessary pollution of water and to produce fish flesh of high value for human nutrition. Trout feed should be characterized by high energy content but not by a too high protein level. Fish meal will be replaced more and more by plant or single cell protein sources in future. For non-protein energy lipids as well as hydrolyzed carbohydrates are to be used. Phosphorus pollution of effluent waters may be reduced by careful composition of diets. Feed processing by means of extrusion or expansion can be recommended, since by that utilization of diets by fish is improved. Method of feeding and environmental conditions are also very important for a favourable feed conversion.

LITERATUR:

Abel, H., Becker, K., und Friedrich, W.: Untersuchungen zum Einsatz von warmbehandeltem Weizen im Forellenmischfutter. Kraftfutter *65* (1982): 64, 66, 68, 70.

Achleitner, H.: Aquarienversuche mit Regenbogenforellen. Österreichs Fischerei *20* (1967): 55–56.

Alexis, M. N., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E., and Theochari, V.: Formulation of practical diets for rainbow trout *(Salmo gairdneri)* made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. Aquaculture *50* (1985): 61–73.

Anonym: Studies of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids in trout and frogs. Nutrition Rev. *40* (1982): 214–215.

Beamish, F. W. H., and Medland, T. E.: Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri.* Aquaculture *55* (1986): 35–42.

Beck, H., Gropp, J., Koops, H., and Tiews, K.: Single cell proteins in trout diets. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technol., Hamburg, Vol. II, Berlin 1979: 269–280.

Bergot, F., and Breque, J.: Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and the intake level. Aquaculture *34* (1983): 203–212.

Bieber-Wlaschny, H., and Pfeffer, E.: Gelatinized maize starch versus sunflower oil or beef tallow as sources of non-protein energy in diets for rainbow trout *(Salmo gairdneri R.).* I. Growth rates and utilization of dietary energy and protein. J. Anim. Physiol. and Anim. Nutrit. *57* (1987): 150–156.

Boggio, S. M., Hardy, R. W., Babbitt, J. K., and Brannon, E. L.: The influence of dietary lipid source and alpha-tocopheryl acetate level on product quality of rainbow trout *(Salmo gairdneri).* Aquaculture *51* (1985): 13–24.

Bromley, P. J., and Adkins, T. C.: The influence of cellulose filler on feeding, growth and utilization of protein and energy in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol. *24* (1984): 235–244.

Castell, J. D.: Review of lipid requirements of finfish. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technol., Hamburg, Vol. I, Berlin 1979: 59–84.

Cho, C. Y. and Kaushik, S. J.: Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 95–117.

Cho, C. Y., Slinger, S. J., and Bayley, H. S.: Influence of level and type of dietary protein, and of level of feeding on feed utilization by rainbow trout. J. Nutrition *106* (1976): 1547–1556.

Choubert, G., and Storebakken, T.: Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoid concentrations. Aquaculture *81* (1989): 69–77.

Csengeri, I., Albrecht, M. L., Steffens, W., und Oláh, J.: Einsatz von hartem Fett im Trockenmischfutter für Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri).* 2. Mitt. Fettsäurenzusammensetzung des Futters und der Gewebelipide. Arch. Anim. Nutr. *36* (1986): 653–663.

Dabrowski, K.: Nowo tendenoje w formulowaniu receptur pasz dla ryb lososiowatych. Gospodarka rybna *39* (1987) 4:16–19.

Dabrowski, K., Poczyczynski, P., Köck, G., and Berger, B.: Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout *((Salmo gairdneri).* New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. Aquaculture *77* (1989): 29–49.

Ellis, R. W., and Smith, R. R.: Determining fat digestibility in trout using a metabolic chamber. Progr. Fish-Culturist 46 (1984): 116–119.

Forneris, G., Boccignone, M., and Damasio, L.: Il mais estruso nell'alimentazione della trota iridea *(Salmo gairdneri* R.). Riv. Ital. Piscicolt. Ittiopat. *21* (1986): 59–62.

Foss, P., Storebakken, T., Austreng, E., and Liaaen-Jensen, S.: Carotenoids in diets for salmonids. V. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. Aquaculture *65* (1987): 293–305.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Fredrich, F., und Steffens, W.: Schneller Zuwachs und gute Futterverwertung durch günstige Wassertemperaturen in der Forellenproduktion. Z. Binnenfischerei DDR *30* (1983): 239–242.
Frigg, M., Prabucki, A. I., and Ruhdel, E. U.: Effect of dietary vitamin E levels on oxidative stability of trout fillets. Aquaculture *84* (1990): 145–158.
Gropp, J.: Grundlagen und Konzepte zur Forellenernährung. Lohmann Inform., Cuxhaven, Juli/Aug. 1986: 1–15.
Gropp, J., Schwalb-Bühling, A., Koops, H., and Tiews, K.: On the protein-sparing effect of dietary lipids in pellet feeds for rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Arch. Fischereiwiss. *33* (1982): 79–89.
Hahlweg, R.: Auswirkungen unterschiedlicher Futtermengen und variierter Fütterungshäufigkeiten auf Wachstum und Futterverwertung juveniler Regenbogenforellen. Dipl.-Arbeit, Humboldt-Univ. Berlin 1980.
Halver, J. E.: The vitamins. In: Chow, K. W.: Fish Feed Technology. ADCP/REP/80/11, FAO, Rome 1980: 65–103.
Halver, J. E.: The vitamins required for cultivated salmonids. Comp. Biochem. Physiol. *73 B* (1982): 43–50.
Halver, J. E.: Recent advance in vitamin nutrition and metabolism in fish. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 415–429.
Hardy, R. W., Torrissen, O. J., and Scott, T. M.: Absorption and distribution of ^{14}C-labeled canthaxanthin in rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)*. Aquaculture *87* (1990): 331–340.
Hartfiel, W., Schulz, D., und Greuel, E.: Untersuchungen über die Fettverwertung der Regenbogenforelle *(Salmo gairdneri* R.). VI. Vergleichender Einsatz von 18 unterschiedlichen Futterfetten in einer gereinigten Diät. Fette, Seifen, Anstrichmittel *86* (1984): 449–453.
Hilton, J. W.: Ascorbic acid-mineral interactions in fish. In: Wegger, J., Tagwerker, F. J., and Moustgaard, J.: Ascorbic Acid in Domestic Animals, Royal Danish Agric. Soc., Copenhagen 1984: 218–224.
Hilton, J. W., Atkinson, J. L., and Slinger, S. J.: Effect of increased dietary fibre on the growth of rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Can. J. Fisheries and Aquatic Sci. *40* (1983): 81–85.
Hohjoh, T., Kumazawa, H., Oosaki, M., Yonemura, T., and Kashiwa, G.: Effects of oxidized fish oils and added ethoxyquin on the culture of rainbow trout. J. Japan Oil Chemists' Soc. *16* (1967): 135–137.
Kanazawa, A.: Essential fatty acids and lipid requirement of fish. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G,: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 281–298.
Kayama, M.: Fish farming and aquaculture. Can we modify fish fat with more EPA? J. Fac. appl. Biol. Hiroshima Univ. *25* (1986): 19–28.
Kellems, R. O., and Sinnhuber, R. O.: Performance of rainbow trout fed gelatin-bound diets of fish protein concentrate or casein containing 25 to 45 percent herring oil. Progr. Fish-Culturist *44* (1982): 131–134.
Ketola, H. G.: Mineral nutrition: Effects of phosphorus in trout and salmon feeds on water pollution. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 465–473.
Lee, D. J., and Putnam, G. B.: The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutrition *103* (1973): 916–922.
Luquet, P.: Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. Ann. Hydrobiol. *2* (1971): 175–186.
Matty, A. J., and Smith, P.: Evaluation of a yeast, a bacterium and an alga as a protein source for rainbow trout. I. Effect of protein level on growth, gross conversion efficiency and protein conversion efficiency. Aquaculture *14* (1978): 235–246.
Ogino, C., Chiou, J. Y., and Takeuchi, T.: Protein nutrition in fish. VI. Effects of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *42* (1976): 213–218.
Olli, J. J., Krogdahl, A., and Berg-Lea, T.: Processing of soybean meals affects nutritive value for rainbow trout. Intern. Symposium: The Rainbow Trout, 4–7 Sept. 1990, Stirling.
Papoutsoglou, S. E., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E., and Alexis, M. N.: Effect of density on growth rate and production of rainbow trout *(Salmo gairdneri* Rich.) over a full rearing period. Aquaculture *66* (1987): 9–17.
Paulson, L. J.: Models of ammonia excretion for brook trout *(Salvelinus fontinalis)* and rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Can. J. Fisheries and Aquatic Sci. *37* (1980): 1421–1425.
Petrasch, R., and Pfeffer, E.: Studies with rainbow trout *(Salmo gairdneri,* R.) on the optimum level of dietary protein and on the utilization of casein. Arch. Tierernährung *32* (1982): 563–568.
Pfeffer, E.: Anmerkungen über Phosphorbelastung des Wassers durch intensive Fischproduktion. Fischwirt *39* (1989): 34.
Piatkowski, B., Steger, M., und Jung, H.: Vergleichende Studie über den Nährstoffaufwand für die Erzeugung von eßbarem Protein beim früh abgesetzten Mastkalb, wachsendem Schwein und Broiler. 2. Mitt. Chemische Zusammensetzung des Tierkörpers und der Nährstoffaufwand je Gewichtseinheit eßbares Protein. Arch. Tierernährung *17* (1967): 333–343.
Pieper, A., and Pfeffer, E.: Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout. Aquaculture *20* (1980): 323–332.
Reinitz, G. L., Orme, L. E., Lemm, C. A., and Hitzel, F. N.: Full-fat soybean meal in rainbow trout diets. Feedstuffs *50* (1978): 23–24.
Spinelli, J.: Unconventional feed ingredients for fish feed. In: Chow, K. W.: Fish Feed Technology. ADCP/REP/80/11, FAO, Rome 1980: 187–214.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Spinelli, J.: Unconventional feed ingredients for fish feed. In: Chow, K. W.: Fish Feed Technology. ADCP/REP/80/11, FAO, Rome 1980: 187–214.

Spinelli, J. C., Mahnken, C., and Steinberg, M.: Alternate sources of proteins for fish meal in salmonid diets. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technol., Hamburg, Vol. II, Berlin 1979: 131–142.

Steffens, W.: Der Vitaminbedarf der Regenbogenforelle *(Salmo gairdneri)*. Intern. Revue ges. Hydrobiol. *59* (1974): 255–282.

Steffens, W.: Possibilities for reducing the protein content in diets of rainbow trout *(Salmo gairdneri)* by using suitable fats. Intern. Sem. on Fish Nutrition and Diet Developm., Szarvas 1977: 76–92.

Steffens, W.: Der eßbare Anteil und seine chemische Zusammensetzung bei Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)* unterschiedlicher Größe. Nahrung *23* (1979): 935–941.

Steffens, W.: Krillmehl als Eiweißquelle im Fischfutter. 1. Mitt. Biologie und Nährstoffzusammensetzung des Krills. Z. Binnenfischerei DDR *27* (1980a): 182–186.

Steffens, W.: Vergleichende Betrachtungen über den eßbaren Anteil von Süßwasserfischen und landwirtschaftlichen Nutztieren. Z. Binnenfischerei DDR *27* (1980b): 378–381.

Steffens, W.: Eßbarer Anteil und Nährwert von Süßwasserfisch und Geflügel. Ernährungsforschung *25* (1980c): 178–180.

Steffens, W.: Neue Wege der Fütterung von Karpfen *(Cyprinus carpio)* und Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)*. Fortschr. Fischereiwiss. *1* (1982): 25–42.

Steffens, W.: Empfehlungen zur Optimierung des Futteraufwandes in der Forellenproduktion. Z. Binnenfischerei DDR *30* (1983): 210–215.

Steffens, W.: Energiebedarf und Energienutzung bei Süßwasserfischen. Z. Binnenfischerei DDR *31* (1984): 138–143.

Steffens, W.: Geflügelabfallmehl als Eiweißquelle im Futter für Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)*. Arch. Tierernährung *35* (1985a): 361–368.

Steffens, W.: Grundlagen der Fischernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena 1985b.

Steffens, W.: Verwendung von Geflügelabfallmehl zum vollständigen Fischmehlersatz im Forellenbrut- und -aufzuchtfutter. Arch. Anim. Nutr. *37* (1987a): 98–103.

Steffens, W.: Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial ACRIBIA, S. A., Zaragoza, 1987b.

Steffens, W.: Bedeutung und Möglichkeiten der Auffettung von Forellenfuttermitteln. Z. Binnenfischerei DDR *34* (1987c): 209–216.

Steffens, W.: Aktuelle Probleme des Mineralstoffbedarfs und der Mineralstoffversorgung bei Nutzfischen in der Aquakultur (Übersichtsreferat). Mh. Vet. Med. *42* (1987d): 823–827.

Steffens, W.: Further results of complete replacement of fish meal by means of poultry by-products meal in feed for trout fry and fingerling *(Salmo gairdneri)*. Arch. Anim. Nutr. *37* (1987e): 1135–1139.

Steffens, W.: Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand der Mischfuttermittel für die Forellenproduktion. Z. Binnenfischerei DDR *36* (1989a): 211–217.

Steffens, W.: Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood Limited, Chichester 1989b.

Steffens, W.: Effektiver Einsatz von Futtermitteln in der Forellenproduktion. Z. Binnenfischerei *37* (1990a): 209–215.

Steffens, W.: Ökologische Aspekte der Herstellung und des Einsatzes von Mischfuttermitteln für die Forellenproduktion. Z. Binnenfischerei *37* (1990b): 365–370.

Steffens, W.: Bedeutung der Ascorbinsäure für die Fischernährung. Arch. Anim. Nutr. *42* (1992): im Druck.

Steffens, W., und Albrecht, M.-L.: Proteineinsparung durch Erhöhung des Fettanteils im Futter für Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)*. Arch. Tierernährung *23* (1973): 711–717.

Steffens, W., und Albrecht, M.-L.: Der Einfluß des Zusatzes unterschiedlicher Fette zum Trockenmischfutter auf Wachstum und Futterverwertung von Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)*. Arch. Tierernährung *25* (1975): 717–723.

Steffens, W., und Albrecht, M.-L.: Einsatz von hartem Fett im Trockenmischfutter für Regenbogenforellen *(Salmo gairdneri)*. 1. Mitt. Zuwachs und Futterverwertung bei der Setzlingsaufzucht. Arch. Tierernährung *29* (1979): 597–604.

Steffens, W., und Albrecht, M.-L.: Krillmehl als Eiweißquelle im Fischfutter. 2. Mitt. Einsatz von Krillmehl im Forellenfutter. Z. Binnenfischerei DDR *27* (1980): 305–308.

Steffens, W., und Albrecht, M.-L.: Krillmehl als Eiweißquelle im Fischfutter. 3. Mitt. Vollständiger Ersatz von tierischem Protein durch Krillmehl im Forellenfutter. Z. Binnenfischerei DDR *28* (1981): 178–184.

Steffens, W., Richter, H., Golbs, S., Bentz, H., Martin, S. and Schleicher J.: Utilization and suitability of methanol grown bacteria biomass for raising rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Arch. Anim. Nutr. *38* (1988): 705–712.

Tacon, A. G. J., and Jackson, A. J.: Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish diets. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 119–143.

Tacon, A. G. J., Maaster, J. V., Featherstone, P. B., Kerr, K. and Jackson, A. J.: Studies on the utilization of full fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *49* (1983): 1437–1443.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Takeuchi, T., and Watanabe, T.: Effects of various polyunsaturated fatty acids on growth and fatty acid compositions of rainbow trout *Salmo gairdneri*, coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, and chum salmon *Oncorhynchus keta*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *48* (1982): 1745–1752.
Takeuchi, T., Watanabe, T., and Ogino, C.: Supplementary effect of lipids in a high protein diet of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *44* (1978a): 677–681.
Takeuchi, T., Watanabe, T., and Nose, T.: Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *44* (1978b): 683–688.
Takeuchi, T., Yokoyama, M., Watanabe, T., and Ogino, C.: Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries *44* (1978c): 729–732.
Tiews, K., Gropp, J., and Koops, H.: On the development of optimal rainbow trout pellet feeds. Arch. Fischereiwiss. *27* (1976) Beih. 1: 1–29.
Tiews, K., Koops, H., Gropp, J., and Beck, H.: Compilation of fish meal-free diets obtained in rainbow trout *(Salmo gairdneri)* feeding experiments at Hamburg (1970–1977/78). Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technol., Hamburg, Vol. II, Berlin 1979: 219–228.
Tiews, K., Manthey, M., and Koops, H.: The carry-over of fluoride from krill meal pellets into rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Arch. Fischereiwiss. *32* (1981): 39–42.
Torrissen, O. J.: Pigmentation of salmonids – a comparison of astaxanthin and canthaxathin as pigment sources for rainbow trout. Aquaculture *53* (1986): 271–278.
Torrissen, O. J.: Pigmentation of salmonids: Interactions of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in rainbow trout. Aquaculture *79* (1989): 363–374.
Walton, M. J.: Aspects of amino acid metabolism in teleost fish. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell, J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 47–67.
Wilson, R. P.: Amino acid and protein requirements of fish. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M., and Bell J. G.: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985: 1–16.
Yu, T. C., Sinnhuber, R. O., and Hendricks, J. D.: Reproduction and survival of rainbow trout *(Salmo gairdneri)* fed linolenic acid as the only source of essential fatty acids. Lipids *14* (1979): 572–575.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. habil. Werner Steffens, Institut für Binnenfischerei, Müggelseedamm 310, 1162 Berlin-Friedrichshagen, Bundesrepublik Deutschland

Österreichs Fischerei *Jahrgang 44/1991* *Seite 286–290*

Jörg Bohlen

Beobachtungen zu Verbreitung, Biologie und Gefährdung des Europäischen Hundsfisches *Umbra krameri* Walbaum 1792 (Pisces, Umbridae)

Der Europäische oder auch Ungarische Hundsfisch *(Umbra krameri)* ist ein Kleinfisch von 11–12 cm Totallänge, der seinen Namen durch die auffällige Koordination seiner vier paarigen Flossen bekam, die an das Paddeln eines schwimmenden Hundes erinnern sollen. Er hat ein etwas urtümliches Äußeres (vgl. Abb. 1 und 2), jedoch eine perfekte Feinmotorik, die ihm ein Verharren in nahezu jeder Raumlage im Wasser ermöglicht und auch eine hervorragende Manövrierfähigkeit verleiht.
U. krameri ist der einzige europäische Vertreter der Familie der Umbridae, die mit insgesamt 6 Arten in 3 Gattungen *(Umbra, Novumbra, Dallia)* über weite Bereiche der nördlichen Hemisphäre verstreut ist. Die kleinen und sehr disjunkten Verbreitungsgebiete dieser einzelnen Arten ergeben sich aus dem Reliktcharakter der phylogenetisch alten Familie der Hundsfische, die sich bereits im frühen Tertiär mit den Hechten, Esocidae, aus einer gemeinsamen Vorform entwickelten (Obrhelova 1978). Systematisch werden sie mit den Esocidae zur Unterordnung der Esocoidei zusammengefaßt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichs Fischerei

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 44

Autor(en)/Author(s): Steffens Werner

Artikel/Article: Neue Wege in der Forellenfütterung 270-286