

Rhône Revitalisierung

**Temperaturpräferenzen und -limiten
von Fischarten Schweizerischer
Fliessgewässer**

Stefan Küttel, Armin Peter und Alfred Wüest

Publikation Nummer 1

1. März 2002

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
1 Einleitung.....	2
2 Einfluss der Wassertemperatur bei Fischen.....	3
3 Glossar	5
4 Temperaturpräferenzen und kritische Temperaturen nach Fischarten.....	7
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>).....	7
Lachs (<i>Salmo salar</i>).....	8
Bachforelle (<i>Salmo trutta fario</i>).....	9
Seeforelle (<i>Salmo trutta lacustris</i>).....	10
Regenbogenforelle (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) *.....	10
Bachsaibling (<i>Salvelinus fontinalis</i>) *.....	11
Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>).....	12
Hecht (<i>Esox lucius</i>).....	12
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>).....	13
Brachmen (<i>Abramis brama</i>).....	14
Schneider (<i>Alburnoides bipunctatus</i>).....	15
Laube (<i>Alburnus alburnus</i>).....	15
Barbe (<i>Barbus barbus</i>).....	15
Goldfisch (<i>Carassius gibelio</i>) *.....	16
Nase (<i>Chondrostoma nasus</i>).....	16
Gründling (<i>Gobio gobio</i>).....	16
Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>).....	17
Alet (<i>Leuciscus cephalus</i>).....	17
Strömer (<i>Leuciscus souffia</i>).....	17
Elritze (<i>Phoxinus phoxinus</i>).....	17
Rotaugen (<i>Rutilus rutilus</i>).....	18
Rotfeder (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>).....	18
Schleie (<i>Tinca tinca</i>).....	19
Schlammpeitzger (<i>Misgurnus fossilis</i>).....	19
Schmerle (<i>Barbatula barbatula</i>).....	20
Katzenwels (<i>Ictalurus melas</i>) *.....	21
Trüsche (<i>Lota lota</i>).....	21
Stichling (<i>Gasterosteus aculeatus</i>).....	21
Flussbarsch (Egli, <i>Perca fluviatilis</i>).....	21
Zander (<i>Sander lucioperca</i>) *.....	22
Sonnenbarsch (<i>Lepomis gibbosus</i>) *.....	23
Groppe (<i>Cottus gobio</i>).....	23
5 Zusammenfassender Überblick.....	25
Eier.....	25
Juvenile	27
Adulte.....	27
Fortpflanzung.....	28
6 Schlussfolgerungen.....	29
7 Ausblick	30
Literaturverzeichnis	31
Anhang.....	35

Zusammenfassung

Es wurden die Temperaturoptima und -limiten von 32 in Schweizer Fliessgewässern lebenden Fischarten für die vier Lebensstadien „Eier“, „Juvenile“, „Adulte“ und „Fortpflanzung“ aus der internationalen Literatur zusammengetragen. Die gefundenen Daten wurden anschliessend mit den anthropogenen Veränderungen der Temperaturen in Fliessgewässern verglichen und diskutiert. Der Fokus dieser Literaturarbeit lag dabei auf dem Einfluss von Stauhaltungen auf die nachfolgenden Gewässerabschnitte.

Im Winter wirkt sich eine Temperaturerhöhung positiv auf die Entwicklung der Salmoniden aus. Eine Verminderung der Temperatur in der gleichen Zeit bewirkt dagegen eine Verzögerung der Entwicklung. Auch werden durch tiefe Temperaturen andere Fischarten, die wärmeliebend sind (wie z.B. Cypriniden und Perciden), negativ beeinflusst, da ihr Stoffwechsel (Metabolismus besser an hohe Temperaturen angepasst ist).

Durch eine Erhöhung der Temperatur im Sommer werden die Cypriniden und Perciden auf Kosten der Salmoniden, deren Stoffwechsel an tiefe Temperaturen adaptiert ist, bevorteilt. Die erhöhte Temperatur wirkt sich je nach Fischart positiv oder negativ auf die Entwicklung der Fische aus. Wie Beispiele aus der Literatur zeigen (Kubecka & Vostradovsky 1995, Spence & Hynes 1971), wirkt sich eine Erniedrigung der Temperatur im Sommer auf Grund von Stauwerken (sogenannte „Coldwater Pollution“) negativ auf die Cypriniden und positiv auf die Salmoniden aus.

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Daten stammen aus verschiedenen Ländern und aus verschiedenen Kontinenten. Fischpopulationen sind jedoch meist gut an die lokal vorherrschenden Umweltbedingungen (wie z.B. Temperaturregime) adaptiert. Beobachtete Wechsel in der Fischfauna können daher mit Hilfe solcher „internationaler“ Daten nicht in jedem Fall eindeutig und schlüssig den gemessenen Temperaturveränderungen zugeordnet werden. Auch ist zu bedenken, dass oft parallel zu den Temperaturveränderungen weitere anthropogene Eingriffe die Lebensbedingungen der Fische verändert haben.

Trotz dieser Bedenken lassen sich aus den Daten wichtige Schlüsse ziehen. Fische passen sich zwar lokal an die Verhältnisse an, dieser Anpassung sind aber auch (genetische) Grenzen gesetzt.

1 Einleitung

Der Mensch beeinflusst heute das Temperaturregime eines Gewässers in verschiedenster Weise. So wird durch das Einleiten von Kühlwasser in einen Fluss die Temperatur erhöht und durch den Betrieb von Wärmepumpen erniedrigt. (Müller 2000). Auch die globale Klimaerwärmung bleibt nicht ohne Wirkung und führt zu einer allgemeinen, bereits heute feststellbaren, Erwärmung der Gewässer (Jakob et al. 1996, Livingstone & Lotter 1998). Fluss- und alpine Stauhaltungen beeinflussen ebenfalls das Temperaturregime in den unterliegenden Gewässerabschnitten. Übersteigt die Aufenthaltszeit des Wassers in der Stauhaltung wenige Tage, so bildet sich eine Temperaturschichtung aus (Lusk 1995, Varley 1967). Auch die Wasserentnahme für die hydroelektrische Nutzung beeinflusst die Wassertemperatur sowohl in den Restwasserstrecken als auch im Vorfluter (Meier 2002). Diese beiden Auswirkungen auf die unterliegenden Gewässerbereiche sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Auswirkung von Stauungen auf die Wassertemperatur im unterliegenden Gewässerabschnitt

	Erwärmung	Abkühlung
Restwasserregime	Im Sommer	Im Winter
Ablassen von Wasser aus dem Staubereich	im Winter	Im Sommer

Temperaturveränderungen wirken sich immer auf die biologischen und biogeochemischen Prozesse und somit auf die Fische aus. In den meisten Fällen ist es allerdings schwierig, direkte Auswirkungen nachzuweisen. Dies gelingt oft nur, falls die Veränderungen genügend markant sind, z.B. bei einer Verschiebung der Laichzeit von Cypriniden um 1.5 bis 2 Monate oder bei der Entstehung von sogenannten sekundären Salmonidengewässern auf Grund von Einstauungen (Kubecka & Vostradovsky 1995). Trotzdem sind gewisse Probleme ganz offensichtlich, wie z.B. die mit Coldwater Pollution“ verbundenen tieferen Maximaltemperaturen im Sommer (Spence & Hynes 1971), welche zum Verlust von Cypriniden führen. Umgekehrt führen zu hoher Temperaturen auf Grund des Kühlsystems eines Kraftwerkes (Sandström et al. 1997, bzw. Luksiene & Sandström 1994) zur Störung der Reproduktion bei Flussbarsch und Rotaugen .

Welchen Einfluss haben solche Veränderungen des Temperaturregimes in unsern Gewässern auf die dort lebenden Fischarten? Damit diese Frage beantwortet werden kann, ist es wichtig zu wissen, welche Temperaturpräferenzen und -limiten Fischarten in verschiedenen Lebensstadien haben. Durch die vorliegende Literaturarbeit soll in diesem Punkt Klarheit geschaffen werden. Aus zeitlichen Gründen war es nicht möglich, alle einheimischen Fische zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde wurde bei der Auswahl der Fokus auf die im Brenno und im Wallis vorhandenen Arten gelegt. In einem zweiten Schritt wird diskutiert, welche möglichen Auswirkungen eine Veränderung des Temperaturregimes für die Fischfauna mit sich bringen.

2 Einfluss der Wassertemperatur bei Fischen

Fische sind wechselwarm (poikilotherm), d.h. sie können keine konstante Körpertemperatur aufrechterhalten, so dass ihre Temperatur eine direkte Funktion der Wassertemperatur ist. Nach der thermischen Anpassung liegt die Temperatur der Fische zirka 0.1-1 °C über der umgebenden Wassertemperatur. Der Austausch von Wärme geschieht vorwiegend über die äussere Körperoberfläche und zu einem geringeren Teil auch über die Kiemen (Beitinger et al. 2000).

Die Wassertemperatur ist einer der wichtigsten Faktoren der Süsswasserlebewesen (Varley 1967). Sie beeinflusst alle biochemischen und physiologischen Aktivitäten auch bei Fischen (Beitinger et al. 2000). Der Tod des Lebewesens ist dabei nur die ultimative äusserste Grenze des „nutzbaren“ Temperaturbereichs. Die ökologischen Randbedingungen schränken diesen Bereich jedoch ein, denn zum längerfristigen Überleben, muss ein Lebewesen fähig sein, Nahrung zu sich zu nehmen, resistent gegen Krankheit und Parasiten zu sein, erfolgreich mit andern Lebewesen zu konkurrieren, Räubern zu entfliehen oder zu widerstehen und schliesslich muss es fähig sein, sich fortzupflanzen (Brett 1956). Alle diese Aktivitäten sind direkt von der Körpertemperatur und somit von der Temperatur des Wassers abhängig.

Die Temperatur hat laut Fry (1971) einen 5-fachen Effekt auf die Lebewesen: 1. als Faktor der zum Tode führt (zerstören der Integrität des Organismus), 2. als kontrollierender Faktor (regeln der Rate der Stoffwechselvorgänge durch Wirkung auf die Aktivität der Enzyme), 3. als limitierender Faktor (rationieren des Nachschubes und Abflusses von Stoffen im Stoffwechsel), 4. als maskierender Faktor (beeinflusst die Wirkung von andern Faktoren auf den Organismus, z.B. Gifte), 5. Als leitender Faktor (stimulieren der Ausrichtung des Lebewesens in eine bestimmte Richtung, z.B. weg von Bereichen mit hoher Temperatur).

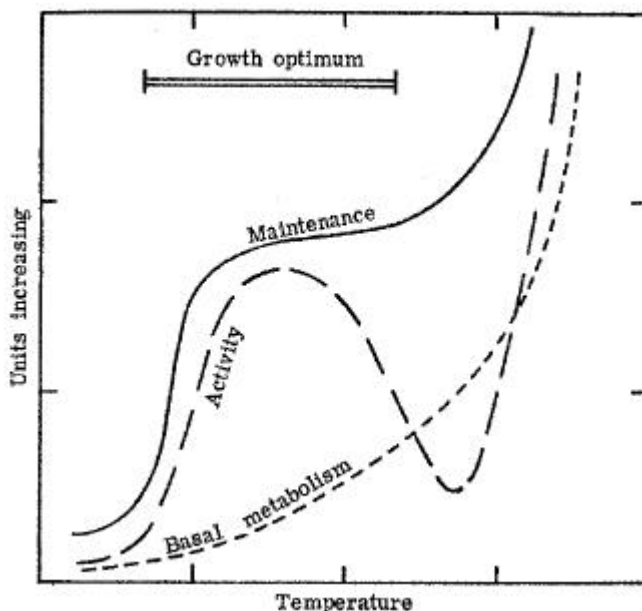


Abb. 1: Hypothetische Kurve, welche den Grundstoffwechsel (kurz strichliert) und die Aktivität (lang strichliert) von Fischen in Abhängigkeit der Temperatur aufzeigt. Die Aufrechterhaltung der Körperfunktionen (Linie) stellt die Summe dieser beiden Kurven dar (aus Varley 1967).

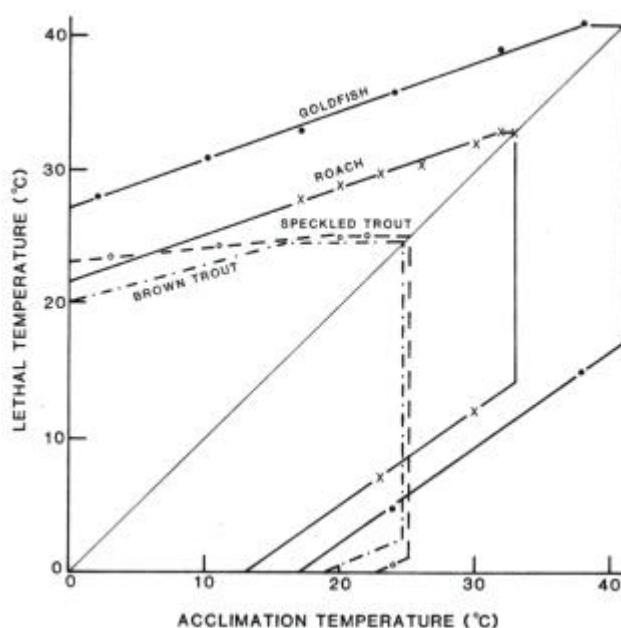
Die meisten chemischen Reaktionen im Körper sind von der Temperatur abhängig und laufen bei höheren Temperaturen schneller ab. Diese Reaktionen sind durch Enzyme (Proteine) gesteuert. Viele dieser Enzyme sind nicht besonders temperaturresistent und denaturieren typischerweise ab Temperaturen von ca. 60 °C. Andererseits ist die untere Grenze des Überlebens durch die Bildung von Kristallen im Körper bedingt. Da die Körperflüssigkeiten nicht aus reinem Wasser bestehen, liegt deren Gefrierpunkt unter 0 °C (Varley 1967). Bei Knochenfischen wurden beispielsweise Temperaturen von – 0.5 bis –0.9 °C gemessen. (Brett 1956). Zu tiefe Temperaturen bewirken bei Fischen Lethargie

(Beitinger et al. 2000). Die Verdauung dauert länger und die Individuen reagieren langsamer auf Reize und fangen in der Folge weniger Nahrung (Varley 1967). Viele einheimische Fische stellen im Winter auf Grund der tiefen Temperaturen ihre Nahrungsaufnahme ein. Solche Temperaturen können deshalb nur für eine beschränkte Zeit überlebt werden, da die Fische sonst verhungern würden. Bei noch tieferen Temperaturen verliert das Lebewesen die Fähigkeit der Osmoseregulation und das zentrale Nervensystem bricht zusammen (Brett 1956).

Hohe Wassertemperaturen bewirken allgemein eine erhöhte Aktivität der Fische (Beitinger et al. 2000) und in der Folge wird die Nahrung rascher verdaut. Über einer gewissen Temperatur, welche abhängig ist von der Fischart, arbeitet der Stoffwechsel (Metabolismus) so schnell, dass die Fische nicht mehr genügend Nahrung finden können und daher beginnen ihre Fettreserven aufzuzehren, um den Körper mit Energie zu versorgen. Auch wird durch die erhöhte Aktivität zusätzlich Energie verbraucht. Die Tiere überleben diese Temperatur deshalb ebenfalls nur eine begrenzte Zeitdauer. Wird die Temperatur weiter erhöht, verändert der Fisch sowohl seine Farbe und als auch sein Verhalten in charakteristischer Weise: Ausbrüche von Aktivität wechseln ab mit Phasen, während denen der Fisch regungslos auf der Seite oder dem Rücken liegt. Als erstes versagt die Schwimmuskulatur, gefolgt vom Atmungsapparat und dem Herzen (Varley 1967). Das Versagen ist auf den Zusammenbruch des Nervensystems zurückzuführen, welches am sensibelsten auf hohe Temperaturen reagiert (Brett 1956).

Die Anpassung an steigende Temperaturen geschieht schneller als an fallende. Es wirken nämlich unterschiedliche Mechanismen bei der Adaption (Fry 1971). Der Kältetod von Fischen in der Natur ist oft auf die langsamere Akklimatisierung an die tiefen Temperaturen zurückzuführen (Brett 1956).

Der Anteil am Stoffwechsel, der für Aktivitäten genutzt werden kann, steigt mit zunehmender Temperatur an, bis ein Optimum erreicht ist (Abb. 1). Danach nimmt der Bereich wieder ab. Bei gewissen Arten (z.B. Bachforelle) liegt dieses Optimum



aber oberhalb der Temperatur, welche die Fischart effektiv überleben kann, so dass die Aktivität bei steigender Temperatur stetig zunimmt. Ganz anders z.B. beim Bachsaibling, der bei 19 °C ein Optimum erreicht (Brett 1956).

Unterschiedliche Lebensstadien der Fische haben verschiedene Temperaturlimiten und -präferenzen. Meist weist das Eistadium, im Vergleich zu den adulten Fischen, einen engeren Temperaturbereich auf (EIFAC 1969). Die Fortpflanzung findet in einem besonders engeren Rahmen statt. Es existieren zudem grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten (siehe Abb. 2).

Abb. 2: Toleranzdiagramm für Goldfisch (goldfish), Rotaugen (roach), Bachsaibling (speckled trout) und Forelle (brown trout) (aus Elliott 1981).

3 Glossar

Im nachfolgenden Text werden die folgenden Begriffe verwendet (siehe auch Abb. 3):

Akklimatisierungstemperatur: Die Temperatur, bei welcher die Fische im Labor vor Versuchsbeginn (z.B. über mehrere Tage) gehältert werden. Laut Varley (1967) sind 24 Stunden nötig, bis sich ein Fisch vollständig an eine Temperaturänderung von 1 °C angepasst hat.

Chronisches tödliches Maximum/Minimum (Chronical Lethal Maximum/Minimum, CLMax/CLMin): Temperaturlimite für das Überleben der Fische. Beim Bestimmen werden Fische an verschiedene Temperaturen akklimatisiert. Danach wird die Temperatur mit einer konstanten Rate erhöht oder abgekühlt. Die Temperaturänderung geschieht dabei so langsam, dass sich die Fische immer wieder an die neue Umgebungstemperatur akklimatisieren können. Die jeweilige Temperatur kann auf diese Weise ihre (negative) Wirkung über längere Zeit auf das Lebewesen entfalten. Der Testendpunkt wird erst beim Tod erreicht (Beitinger et al. 2000). Diese Methode taucht in der Literatur selten auf.

Kritisches Temperaturmaximum/minimum (Critical Thermal Maximum/Minimum, CTMax/CTMin): Temperaturlimite für das Überleben der Fische. Das Vorgehen ist ähnlich wie beim Bestimmen der CLMax/CLMin. Die Temperatur ändert aber schneller. Das CTMax oder CTMin ist erreicht, wenn der Fisch die Fähigkeit verliert aus den tödlichen Temperaturumgebung zu entfliehen. Je nach Erhöhungsrate oder Abkühlungsrate der Temperatur und der Akklimatisierungstemperatur werden unterschiedliche Limiten (CTMax bzw. CTMin) erreicht (Elliott 1981). Die Temperatur ist dabei das arithmetische Mittel von Versuchen mit mehreren Individuen (Beitinger et al. 2000 nach Lowe & Vance 1955).

Finales Präferendum: Fische werden an unterschiedliche Temperaturen akklimatisiert und danach einem Temperaturgradienten ausgesetzt. Ist die im Temperaturgradienten ausgewählte Temperatur dieselbe, an die der Fisch akklimatisiert wurde, spricht man vom finalen Präferendum (Fry 1947 in Brett 1956). Ist die Akklimatisierungstemperatur zu hoch, so wählt der Fisch im Temperaturgradienten zu tiefe Temperaturen (unterhalb des finalen Präferendums) und umgekehrt ist bei zu tiefer Akklimatisierungstemperatur die gewählte Temperatur im Gradienten zu hoch (Alabaster & Lloyd 1980). Siehe auch Vorzugstemperatur.

Anfängliche obere/untere Temperatur, die zum Tod führt (Incipient Upper/Lower Lethal Temperature (IULT/ILLT): Temperatur, bei welcher Fische eine vordefinierte Zeit überleben können. Zur Ermittlung des Wertes werden sie an eine bestimmte Temperatur akklimatisiert und dann abrupt in eine konstante, höhere Temperatur gebracht. Anschliessend wird beobachtet, ob die Fische eine bestimmte Zeit (z.B. 100 min, 1000 min) bei dieser Temperatur überleben können oder wie lange es dauert bis 50% der Fische gestorben sind (Beitinger et al. 2000 nach Fry 1947).

Unterer/oberer kritischer Bereich: Bereich, in dem eine klare Veränderung des Verhaltens auf Grund der Temperatur beobachtet wird. Die untere Grenze beim oberen kritischen Bereich, respektive die obere Grenze beim unteren kritischen

Bereich sind nahe der Vermeidungs-, Umherirr- oder Störtemperatur (avoidance, restless bzw. disturbing temperature) von andern Autoren. (Elliott 1981).

Kritische Temperatur (nur bei Müller 1997): Temperatur bei der das Überleben für das Lebewesen kurzfristig möglich ist.

Lebensstadien der Fische: Die Lebensstadien sind in der vorliegenden Arbeit wie folgt definiert: Das Stadium „**Eier**“ entspricht der Entwicklungsphase der Eier bis zum Schlüpfen, z.T. bis zur ersten Nahrungsaufnahme (Angabe als Embryonalentwicklung z.B. bei Herzig & Winkler 1985). Als „**Juvenile**“ wird die Phase vor dem ersten Abbläichen definiert. Danach sind die Fische in der Phase „**Adulte**“. Alle Daten, bei denen Altersangaben fehlen, werden ebenfalls hier aufgeführt. Unter „**Fortpflanzung**“ sind die bei der Eiablage (Abbläichen) gemessenen Temperaturen aufgeführt.

Optimumsbereich: Temperaturbereich, in dem die Individuen einer Fischart fressen und innerhalb welchem keine Anzeichen eines temperaturbedingten, abnormalen Verhaltens auftreten. Der Optimumsbereich entspricht dem Bereich der normalen physiologischen Aktivität (d.h. im Ruhezustand). Entsprechend ist der Optimumsbereich grösser, als der Bereich für das Wachstum und die Reifung der Eier. Die Vorzugstemperatur bzw. das finale Präferendum liegt normalerweise innerhalb des Optimumsbereichs (Elliott 1981).

Stör- oder Umherirrttemperatur (disturbing, restless temperature): Temperatur, oberhalb welcher Fische erste Anzeichen erhöhter Aktivität oder eines veränderten Verhaltens zeigen (Alabaster & Lloyd 1980).

Vorzugstemperatur: Temperaturbereich, in dem sich das Tier in einem Temperaturgradienten aufhält (Schmeing-Engberding 1953). Siehe auch Finales Präferendum.

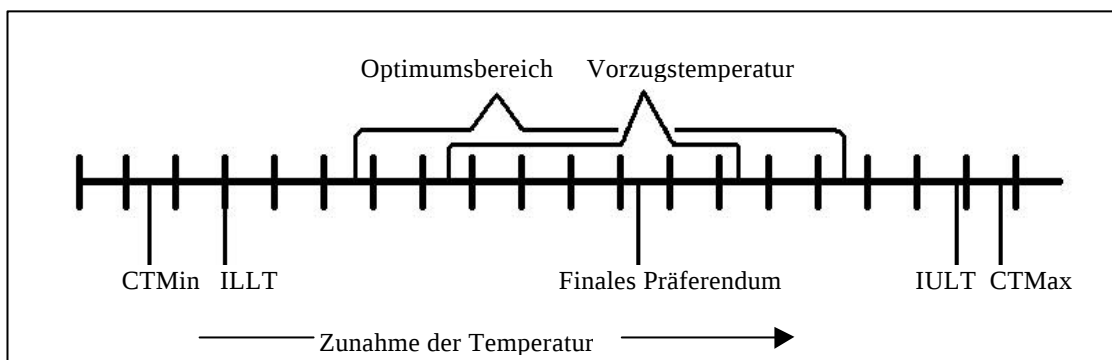


Abb. 3: Zusammenstellung verschiedener verwendeter Temperaturen und Temperaturbereiche.

4 Temperaturpräferenzen und kritische Temperaturen nach Fischarten

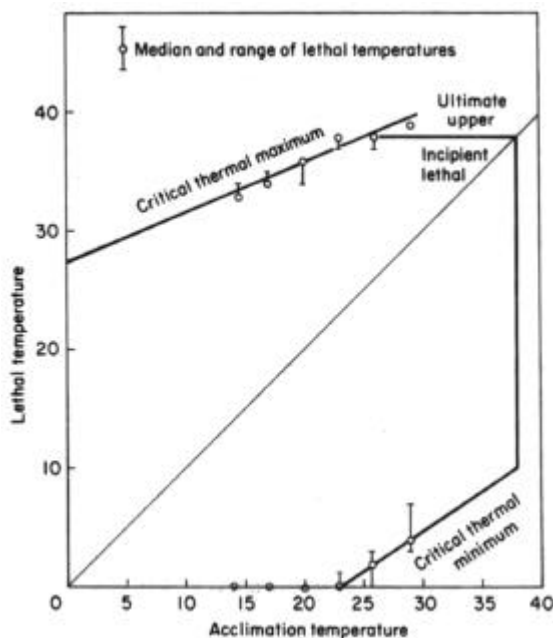
Die Fischarten sind nach Ordnungen und innerhalb der Ordnungen in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Die bei den verschiedenen Arten angegebenen Extrema entsprechen immer den in der Literatur als maximal und minimal angegebene Werte. Sie entsprechen den höchsten und tiefsten Werten der Akklimatisierungstemperatur. Optimumsbereiche sind Temperaturangaben, die am häufigsten beobachtet und meistens von Literaturarbeiten anderer Autoren übernommen wurden (z.B. aus Elliott 1981). Die Angaben werden jeweils auf ganze Temperaturgrade gerundet.

Arten, die eingeführt wurden, also nicht einheimisch sind, werden mit einem Stern (*) hinter dem Namen gekennzeichnet.

Aal (*Anguilla anguilla*)

Juvenile: Penaz et al. (1988) bemerken, dass Glasaale bei Temperaturen unter 15 °C kein Wachstum aufweisen.

Adulte: Der Optimumsbereich liegt bei adulten Aalen zwischen 8 und 29 °C. Es wird von den beiden kritischen Bereichen (0 bis 8 °C) und (30 bis 39 °C) umschlossen (Elliott 1981). Nach Sadlers (1979) Recherche liegt das Temperaturoptimum zwischen 16 und 30 °C und die obere Maximaltemperatur (IULT) bei 32 bis 34 °C.



Sadler misst bei seinen eigenen Untersuchungen eine maximale Wachstumsrate bei 22 bis 23 °C. Bei 38 °C ist die IULT erreicht, wobei der kritische Bereich schon bei 33 °C beginnt. Bei Temperaturen von 1 bis 3 °C (je nach Akklimatisierungstemperatur) erstarren die Aale, wobei sie jedoch noch nicht sterben (Abb. 4). Baras et al. (1998) beobachten bei Tagesmittelwerten der Wassertemperatur unter 13 °C keine oder nur sehr wenig Aktivität.

Fortpflanzung: Müller (1997) findet in der Literatur eine Temperatur von 8 °C die zum Ablaichen bevorzugt wird.

Abb. 4: Toleranzdiagramm für den Aal (aus Sadler 1979).

Lachs (*Salmo salar*)

Eier: Sie ertragen Temperaturen bis 0 °C, hingegen keine über 16 °C (Elliott 1981). Poxton (1991) bezeichnet den Bereich von 4 bis 11 °C als ideal für die Inkubation.

Juvenile: Junge Lachse bevorzugen Temperaturen um 17 °C (Javaid & Anderson 1967). Im Winter ist die Vorzugstemperatur aber tiefer (unter 10 °C, Morgan & Metcalfe 2001). Brütlinge ertragen, laut einer Zusammenstellung in Varley (1967), Temperaturen von höchstens 23 °C (IULT). Elliott (1991) misst im Labor

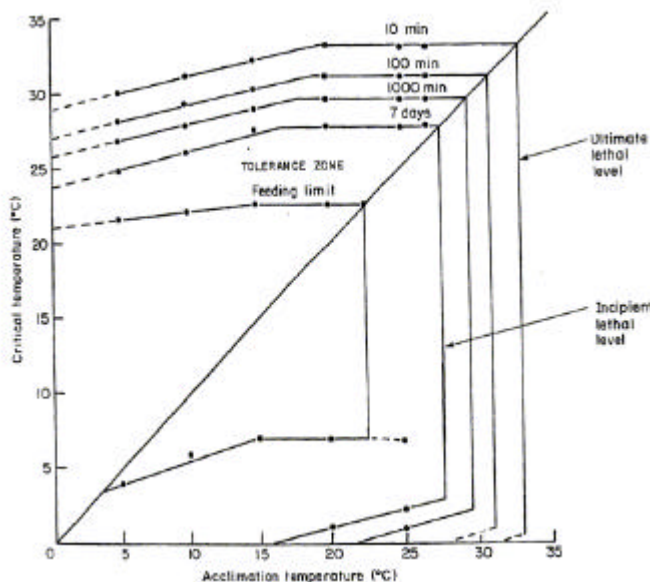


Abb. 5: Temperaturtoleranzpolygon für juvenile Lachse (aus Elliott 1991)

Extremwerte von 0 und 33 °C. Nahrung nehmen sie dabei im Temperaturbereich von 7-23 °C auf. Juvenile fressen in der Natur aber auch unter 0 °C noch (Bremset 2000). Der kritische Bereich beginnt über Temperaturen von 28 °C und unter 2 °C (IULT und ILLT für 7 Tage, Elliott 1991, siehe Abb. 5). Die CTMax für 0⁺-Fische liegt um 29 °C (Grande & Andersen 1991). Beitinger et al. (2000) nennen einen Werte von 33 °C sowohl für 0⁺- als auch für 1⁺-Fische.

Adulte: Der Lachs bevorzugt Temperaturen zwischen 9 und 17 °C, mit dem finalen Präferendum bei 14-15 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) gibt in seiner Literaturübersicht einen Optimumsbereich von 6 bis 20 °C an. Ab 20 °C wird der obere kritische Bereich erreicht, der sich bis 34 °C ausdehnt. Bjornn & Reiser (1991) nennen eine obere Letaltemperatur von 27 bzw. 28 °C (IULTs). Varley (1967) findet in der Literatur höhere Werte (32-34 °C, IULT). Nach Beitinger et al. (2000) ertragen die Fische über längere Zeit Temperaturen von 29 °C (CLMax). Das Wachstum ist bei 13-15 °C am höchsten (EIFAC 1969).

Fortpflanzung: Der Lachs laicht, nach EIFAC (1969), bei Temperaturen zwischen 6 und 8 °C. Elliott (1981) findet aber in der Literatur Angaben bis 0 °C. Werte zwischen 1 und 6 °C bezeichnen Alabaster & Lloyd (1980) als typisch.

Bachforelle (*Salmo trutta fario*)

Eier: Damit Eier überleben, sind Temperaturen zwischen 0 und 13 °C notwendig (Elliott 1981). Die Mortalitätsrate nimmt über 12 °C und unter 7 °C aber stark zu (Varley 1967). Nach Humpesch (1985) schlüpfen die Larven auch bei Temperaturen unter 1 °C, die optimale Temperatur für die Entwicklung liegt bei 5 °C. Im Bereich von 1-9 °C ergibt sich eine tiefe uniforme Mortalität der Eier. Ab 10 °C mehren sich die Verluste und ab 15 °C sterben alle Eier ab. Jungwirth & Winkler (1984) bezeichnen schon Temperaturen von 12-13 °C als letal. Sie nennen ein Optimum von 7 °C (siehe Abb. 6). 4-6 °C sind laut Müller (1997) die optimale Temperatur für die Entwicklung.

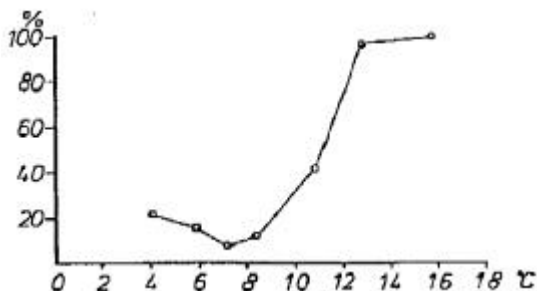


Abb. 6: Mortalität der Eier in Abhängigkeit von der Temperatur nach Jungwirth (1984)

Juvenile: Brütlinge ertragen Temperaturen bis 23 °C (Varley 1967). Das CTMax liegt für 0⁺-Fische aber bei 28 °C (Grande & Andersen 1991). Bremset (2000) hat beobachtet, dass Juvenile bei Temperaturen unter 0 °C noch Nahrung zu sich nehmen. Die Vorzugstemperatur für Setzlinge (in der Regel Vorsommerlinge oder Sommerlinge) ist bei 6-14 °C, jene für Brütlinge bei 8-13 °C (Schmeing-Engberding 1953).

Adulte: Es werden Temperaturen zwischen 14 und 17 °C bevorzugt, die obere kritische Temperatur liegt bei 25 °C (Müller 1997). Elliott (1981) bezeichnet den Bereich von 4 bis 19 °C als Optimumsbereich. Daran schließt sich der untere (0-4

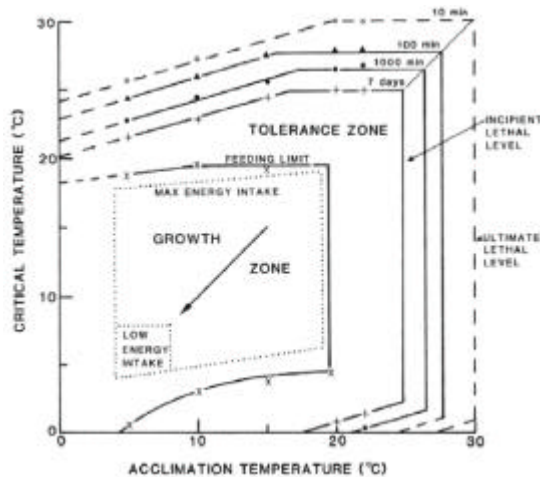


Abb. 7: Temperaturtoleranzpolygon für die Forelle (aus Elliott 1981).

°C) und obere kritische Bereich (19-30 °C) an (Abb. 7). Alabaster & Lloyd (1980) finden in der Literatur eine mittlere Maximaltemperatur von 23 bis 27 °C (IULT je nach Akklimatisierungstemperatur). Bjornn & Reiser (1991) geben die Werte von 27 (IULT) und 30 °C (CTMax) als oberste Grenze an, Varley (1967) nennt auch den Wert von 27 °C (IULT). Carline & Machung (2001) finden Unterschiede beim CTMax zwischen Wild- und Kulturfischen (29, 27-28 °C resp.). Beitinger et al. (2000) recherchieren Maximaltemperaturen von 30 °C (CTMax). Die CLMax liegt bei 28 °C.

Fortpflanzung: Elliott (1981) findet in der Literatur Werte zwischen 1 und 10 °C. Alabaster & Lloyd (1980) geben einen Wert von 6 °C an. Bjornn & Reiser (1991) nennen als empfohlenen Temperaturbereich für das Ablaichen 7 bis 13 °C.

Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*)

Adulte: Laut EIFAC (1969) liegt die Störtemperatur je nach Jahreszeit und Akklimatisierungstemperatur zwischen 16 und 23 °C und die CTMax zwischen 25 und 30 °C.

Fortpflanzung: Die Seeforelle laicht bei Temperaturen zwischen 1 und 9 °C (EIFAC 1969).

Im Übrigen kann angenommen werden, dass die für die Bachforellen besprochenen Temperaturen auch für die Seeforellen gelten.

Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) *

Eier: Temperaturen unter 0 und über 20 °C führen zum Absterben (Elliott 1981). Humpesch (1985) beobachtet eine hohe Sterblichkeit der Eier zwischen 2 und 3 °C. Als Temperaturoptimum nennt er Werte zwischen 8 und 11 °C. Bei höheren Temperaturen nimmt die Sterberate zu. Die Eier überleben Temperaturen über 18 °C nicht. Für das Schlüpfen werden Temperatur von mindestens 3 °C benötigt, das Optimum (hohe Überlebensrate) ist aber höher (8-11 °C). Hokanson (1977) findet einen Temperaturbereich innerhalb dessen die Eier überleben von 0 bis 15 °C.

Juvenile: Das CTMax bei Juvenilen (0⁺) liegt bei 26 °C (Grande & Andersen 1991). Hokanson (1977) nennt für das Temperaturoptimum der Juvenilen 17 °C und findet Angaben für Letaltemperaturen bei 25-27 °C. Kaya (1978) misst eine IULT von 26 °C.

Adulte: Die Vorzugstemperatur liegt bei 16-19 °C, die kritische Temperatur bei 26 °C (Müller 1997). Arrignon (1998) findet je nach Akklimatisierungstemperatur maximale Werte von 23-25 °C. Die Minimaltemperatur liegt dabei unter 0 °C. Laut EIFAC (1969) werden Temperaturen zwischen 9 und 17 °C bevorzugt, das finale Präferendum liegt bei 14 °C. Elliott (1981) nennt in seiner Review einen Optimumsbereich von 10 bis 22 °C. Die kritischen Bereiche umfassen die Temperatur mit 0 bis 9 °C bzw. 19 bis 30 °C. Nach Alabaster & Lloyd (1980) ist die mittlere IULT bei 25 bis 26 °C erreicht. Bjornn & Reiser (1991) finden in der Literatur ähnliche Werte (25 (IULT) bis 29 °C (CTMax)). Carline & Machung (2001) messen eine Maximaltemperatur (CTMax) von 28 °C (bei Kulturfische etwas tiefer als bei der Wildform). Für ein optimales Wachstum geben (Johnson et al. 1987 in Filbert & Hawkins 1995) eine Temperatur von 12-14 °C an. Im Labor liegt das Optimum (maximales Wachstum) aber bei 17 °C und die IULT bei 26 °C (Hokanson et al. 1977). Das CTMax finden Beitinger et al. (2000) bei 28-30 °C, das CTMin bei unter 0 °C. Das CLMax liegt bei 26 °C. Hokanson (1977) bezeichnet 21 °C als oberste Grenze (IULT). Temperaturen von 0 bis 25 °C werden von der Regenbogenforelle ertragen. Die Anfälligkeit für Krankheiten ist bei 10 bis 12 °C am tiefsten, für die höchsten Wachstumsraten sind aber Temperaturen zwischen 15 und 20 °C notwendig (Gall & Crandell 1992).

Fortpflanzung: Die Regenbogenforelle pflanzt sich bei Temperaturen zwischen 6 und 10 °C (EIFAC 1969) fort. Elliott (1981) nennt einen breiteren Bereich (4-19

°C). Die am häufigsten beobachteten Werte liegen zwischen 6 und 8 °C (Alabaster & Lloyd 1980). Bjornn & Reiser (1991) zitieren Werte zwischen 2 und 20 °C. Hokanson (1977) schliesslich findet Werte im Bereich von 3 bis 15 °C.

Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis*) *

Eier: Eier überleben im Bereich zwischen 0 und 12 °C (Elliott 1981). Die maximale Überlebensrate bis zum Augenstadium liegt bei 7 °C (Marten 1992). Humpesch (1985) beobachtet bis Temperaturen unter 1 °C eine Eientwicklung. Das Temperaturoptimum gibt er mit 5 °C an. Ab 12 °C schlüpfen keine Larven mehr aus den Eiern.

Juvenile: Die IULT der frisch geschlüpften Larven beträgt 20 °C, jene von freischwimmenden Stadien 25 °C. Der grösste Wachstumszuwachs verzeichnen beide bei Temperaturen zwischen 12 und 15 °C (McCormick et al. 1972). Das CTMax der 0⁺-Fische liegt bei 26-27 °C (je nach Alter, Grande & Andersen 1991). Larven weisen ein Temperaturoptimum bei 16 und die Letaltemperatur bei 20 °C auf. Die Letaltemperatur bei Juvenilen ist dagegen erst bei 25 °C erreicht (IULT, Hokanson 1977).

Adulte: Laut Elliott (1981) umfasst der Optimumsbereich des Bachsaiblings Temperaturen zwischen 8 und 20 °C. Bei Temperaturen zwischen 0 und 7 °C bzw. 20 und 29 °C werden die kritischen Bereiche erreicht. Varley (1967) nennt einen Wert von 25 °C als oberste Grenze (IULT). In der Zusammenstellung der Temperaturpräferenzen und -grenzen verschiedener Salmoniden geben Bjornn & Reiser (1991) die obere Letaltemperatur bei 26 (IULT) bzw. 30 °C (CTMax) an. Die Vorzugstemperatur der Art liegt dabei zwischen 14 und 16 °C. Carline & Machung (2001) messen Werte von 28 und 29 °C, je nachdem, ob die Fische aus der Zucht stammen oder aus Wildfängen. Beitinger et al. (2000) nennen in ihrem Übersichtsartikel Werte von 29 bis 30 °C. Das CLMax ist bei 26 bis 27 °C. Hokanson (1977) findet die optimale Wachstumstemperatur bei 16 °C. Brett (1956) zitiert aus der Literatur Werte von 24-25 ° für das obere Limit (IULT) und unter 0-1 °C (ILLT) für das untere Limit (je nach Akklimatisierungstemperatur). Bjornn & Reiser (1991) finden Vorzugstemperaturen zwischen 14 und 16 °C.

Fortpflanzung: Die Fortpflanzung findet bei Temperaturen zwischen 2 und 16 °C statt (Elliott 1981). Hokanson (1977) nennt Werte, die von 2 bis 13 °C reichen.

Äsche (*Thymallus thymallus*)

Eier: Die Entwicklung der Eier verlangt Temperaturen zwischen 6 und 13 °C, wobei 9 °C eine optimale Entwicklung garantiert (Arrignon 1998). Nach Elliott (1981) sind Temperaturen von unter 0 °C und über 14 °C tödlich. Alabaster & Lloyd (1980) finden Literaturangaben für die Temperatur der Embryonalentwicklung von 1 bis 15 °C, wobei erst in einem engeren Bereich (7 bis 14 °C) die Mortalitätsrate und der Anteil der Missbildungen nicht übermässig gross sind. Humpesch (1985) findet eine unterste Temperatur von 3 °C und das Temperaturoptimum für das Schlüpfen zwischen 8 und 11 °C. Nach Jungwirth & Winkler (1984) kommt es bei Temperaturen über 16 °C zum totalen Verlust der Eier. Die höchste Überlebensrate wird zwischen 6 und 14 °C erreicht (siehe Abb. 8). Es kommt zu einer Zunahme

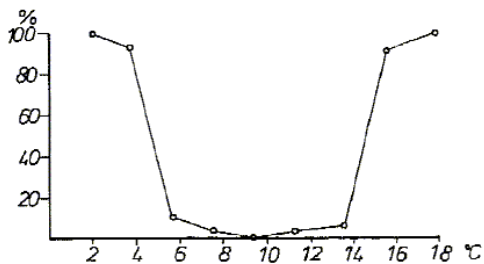


Abb. 8: Mortalität der Eier bei verschiedenen Temperaturen aus Jungwirth (1984)

der Wachstumsrate bis 17 °C, danach nimmt sie wieder ab (Northcote 1995).

Adulte: Die Vorzugstemperatur bezeichnet Müller (1997) mit 15-17 °C. Elliott (1981) gibt als Optimumsbereich 4 bis 18 °C an, wobei der obere kritische Bereich zwischen 18 und 24 °C liegt. Northcote (1995) zitiert die Vorzugstemperatur mit 18 °C und die oberste noch tolerierbare Temperatur mit 25 °C. Kraiem & Pattee (1980) finden eine Letaltemperatur (IULT für die

Testzeitspanne von 24 h) von 26 °C. Varley (1967) nennt bei einer Akklimatisierungstemperatur von 20 °C einen Wert von 24 °C für die IULT. Die Art wächst aber bei 17 °C am schnellsten (Northcote 1995). Bei Untersuchungen in mitteleuropäischen Gewässern beobachteten Schmitz & Schuman (1982) Äschen nur in Gewässern, deren mittlere Sommertemperatur 17 °C nicht übersteigt. Adulte fressen auch bei Temperaturen um den Gefrierpunkt (Müller 1961).

Fortpflanzung: Die Äsche laicht bei Temperaturen zwischen 6 und 10 °C (Elliott 1981 bzw. Alabaster & Lloyd 1980). Northcote (1995) findet in der Literatur Temperaturen von 4-7 °C, z.T. sogar bis 15 °C. Müller (1961) beobachtet in Schweden laichende Äschen bei 11 °C.

Hecht (*Esox lucius*)

Eier: Hechteier überleben bei Temperaturen zwischen 2 und 23 °C (Elliott 1981). Auch Alabaster & Lloyd (1980) finden ähnlich hohe Werte (20 °C) für die obere Grenze. Damit sich aber alle Eier normal entwickeln, sind Temperaturen in einem engeren Bereich notwendig (8-15 °C, Alabaster & Lloyd 1980, Heuschmann 1940 und Lillielund 1966). Lillielund (1966) beobachtet für Temperaturen über 18 oder unter 9 °C einen Rückgang des Befruchtungserfolges. Andererseits rechnet er damit, dass Eier, welche vom Dotter vollständig umwachsen sind, Tagestemperaturen bis 25 °C ohne Schädigungen ertragen können. Bei Swift's (1965) Versuchen sterben aber alle Eier bei Temperaturen über 20 °C. Auch Hokanson et al. (1973) geben an, dass bei 21 °C keine Juvenilen aus den Eiern schlüpfen. Er nennt akzeptable Werte im Bereich von 3 bis 19 °C für Eier. Damit

mindestens 50% der Eier schlüpfen sind aber Temperaturen zwischen 7 und 19 °C erforderlich. Hiner (1961) nennt für die Inkubation wünschenswerte Temperaturen zwischen 9 und 11 °C.

Juvenile: In der Aufzucht wird bei Temperaturen unter 9 °C bei den Brütlingen eine hohe Mortalität beobachtet (Arrignon 1998). Für Brütlinge mit Dottersack werden Maximaltemperaturen für die Inkubation von 28 °C angegeben (Alabaster & Lloyd 1980). Das Larvenwachstum verläuft bei 26 °C am schnellsten und fällt unter 7 °C auf ein vernachlässigbares Niveau. Eben geschlüpfte Larven wie freischwimmende Brütlinge ertragen Temperaturen um 3 °C (IULT, Hokanson et al. 1973). Als oberes Limit nennt Hokanson (1977) für Larven 28 °C und für Juvenile 33 °C (IULT).

Adulte: Der Hecht hat laut Müller (1997) eine Vorzugstemperatur von 24-26 °C und erreicht ab 30 °C den kritischen Bereich. Das CTMax liegt nach EIFAC (1969) bzw. Alabaster & Lloyd (1980) bei 30-34 °C. Varley (1967) findet dafür eine Temperatur von 29 °C (IULT). Elliott (1981) gibt den Optimumsbereich mit 9-25 °C an.

Fortpflanzung: Der Hecht pflanzt sich über einer Temperatur von 7 °C fort (Arrignon 1998). Elliott (1981) findet tiefere Temperaturen (4 °C) und eine obere Grenze bei 17 °C. Westers & Stickney (1993) geben an, dass für die in der Natur laichenden Fische Temperaturen von 5 bis 10 °C normal sind. Es wurden aber auch schon bei 0 und 23 °C Hechte beim Laichen beobachtet (Alabaster & Lloyd 1980). Mann (1996) findet in der Literatur Temperaturangaben zwischen 6 und 14 °C. Hokanson (1977) nennt Maximalwerte von 19 °C.

Karpfen (*Cyprinus carpio*)

Eier: Karpfeneier ertragen weder Temperaturen über 26 °C, noch solche unter 16 °C (Elliott 1981, Hokanson 1977). Für eine normale Entwicklung werden laut Alabaster & Lloyd (1980) Temperaturen zwischen 16 und 22 °C benötigt, die Extrema liegen aber tiefer (13 °C) und höher (30 °C). Herzig & Winkler (1985) geben den optimalen Bereich für die Entwicklung der Embryonen mit 15 bis 23 °C an, wobei sich zwischen 13 und 30 °C noch ein grosser Anteil normal entwickelt. Die obere Letaltemperatur finden diese Autoren bei 33 °C.

Juvenile: Das Temperaturoptimum der jungen Karpfen liegt bei 32 °C, die obere Letaltemperatur bei 41 °C (CTMax, Hokanson 1977). Die Vorzugstemperaturen liegen aber mit 16 bis 25 °C einiges tiefer (Schmeing-Engberding 1953).

Adulte: Der Karpfen bevorzugt, nach Müller (1997), Temperaturen um 29-31 °C, die obere kritische Temperatur wird bei 36 °C erreicht. Laut EIFAC (1969) zeigt die Art ab 26 °C ein verändertes Verhalten (in einem aufgewärmten See erst ab 35 °C). Das CTMax wird dabei spätestens bei 39 °C (ausser im aufgeheizten See bei 41 °C) erreicht. Ab 29-30 °C fressen die Fische aber kaum noch, obwohl die Vorzugstemperatur, widersprüchlicherweise, bei 32 °C zu scheinen liegt. Als untere Limite für die Nahrungsaufnahme gibt Arrignon (1998) 5 °C an. Nach Elliott (1981) sind Temperaturen unter 15 °C kritisch. Dies bei einem Optimumsbereich zwischen 15 und 32 °C.

Fortpflanzung: Der Karpfen pflanzt sich bei Temperaturen zwischen 17 und 20 °C fort (EIFAC 1969, Lam 1983). Arrignon (1998) gibt Werte von 20-28 °C an, wobei er 18 °C als unterste Grenze für die Fortpflanzung bezeichnet. Elliott (1981) findet Angaben zwischen 12 und 30 °C. Typischerweise laicht die Art aber zwischen 17 und 20 °C (Alabaster & Lloyd 1980). Mann (1996) nennt den Temperaturbereich von 16 bis 22 °C für die Eiablage. Das Ablaichen erfolgt nach Hokanson (1977) zwischen 13 und 30 °C. Herzig & Winkler (1985) erwähnen dafür schliesslich den Bereich von 15 bis 22 °C.

Brachsmen (*Abramis brama*)

Eier: Die Eier des Brachsmen entwickeln sich nur bei Temperaturen, die 8 °C übersteigen und tiefer als 28 °C betragen (Elliott 1981). Erst im eingeschränkten Bereich von 18 bis 23 °C halten sich die Verluste in einem normalen Rahmen (Alabaster & Lloyd 1980). Für das Ausschlüpfen von mehr als 50% der Embryonen aus den Eiern sind Temperaturen zwischen 6 und 26 °C nötig. Die Maximaltemperaturen für das Überleben liegen aber bei 29 bis 31 °C. Für eine rasche Entwicklung sind Temperaturen zwischen 12 und 22 °C ideal (Herzig & Winkler 1986). Optimal für die Embryonalentwicklung sind Temperaturen zwischen 12 und 20 °C. Die unterste Temperatur für das Überleben wird bei 5 °C erreicht, die oberste bei 32 °C (Herzig & Winkler 1985).

Juvenile: Kucharczyk et al. (1998) finden bei jungen Stadien von Brachsmen für Temperaturen zwischen 14 und 34 °C weder Abnormitäten noch erhöhte Mortalität.

Adulte: Es werden Temperaturen zwischen 23 und 26 °C bevorzugt, die kritische Temperatur liegt bei 35 °C (Müller 1997). Die EIFAC findet obere Letaltemperaturen von bis zu 36 °C (CTMax), die Störtemperatur liegt aber bereits bei 29 °C (ausgenommen sind Fische, welche an höhere Temperaturen akklimatisiert sind, z.B. aufgeheizte Seen bis 33 °C, EIFAC 1969). Elliott (1981) gibt als Optimumsbereich 8 bis 28 °C an. Darüber beginnt der kritische Bereich (28-36 °C). Varley (1967) zitiert aus der Literatur eine Maximaltemperatur von 32 °C (bei Akklimatisierung an 20 °C, IULT).

Fortpflanzung: Temperaturen, bei denen der Brachsmen laicht, werden im EIFAC-Bericht (1969) mit 8 bis 23 °C angegeben. Auch Elliott (1981) gibt diesen Bereich an. Die am häufigsten beobachteten Werte liegen zwischen 12 und 20 °C (Alabaster & Lloyd 1980, Mann 1996). So findet Löffler (1982) für den Bodensee 12-14 °C, Herzig & Winkler (1986) für den Mondsee 15-18 °C. Als Ablaichtemperatur geben Herzig & Winkler (1985) 15-20 °C an, selten 10 °C.

Schneider (*Alburnoides bipunctatus*)

Adulte: Temperaturen um 18 °C im Mai/Juni (mindestens kurzfristig) bezeichnen Kainz & Gollmann (1990) als unterste Schwelle für das Vorkommen der Art. Der Schneider erträgt maximale Temperaturen von bis zu 27 °C (Breitenstein & Kirchhofer 1999).

Fortpflanzung: Die Fische pflanzen sich bei Temperaturen zwischen 19 und 24 °C fort (Alabaster & Lloyd 1980, Mann 1996). Unter 12 °C findet keine Eiablage statt (Messmer & Lehmann 1994 nach Bless 1992b). Es sind also Wassertemperaturen von 12 bis 24 °C geeignet (Mann 1996, Pelz 1986 in Breitenstein & Kirchhofer 1999).

Laube (*Alburnus alburnus*)

Eier: Eier ertragen Temperaturen unter 14 und über 31 °C nicht (Alabaster & Lloyd 1980, Elliott 1981). Für eine optimale embryonale Entwicklung sind Temperaturen zwischen 21 und 27 °C notwendig (Alabaster & Lloyd 1980).

Adulte: Temperaturwerte über 20 °C sind kritisch (Elliott 1981). Für Individuen in einem aufgeheizten See wurde bei dieser Art das CTMax jedoch bei 38 °C gemessen (Alabaster & Lloyd 1980).

Fortpflanzung: Die Laube pflanzt sich bei Temperaturen zwischen 14 und 28 °C fort (Alabaster & Lloyd 1980, Elliott 1981). Mann (1996) findet bei seiner Recherche nur eine untere Grenze, welche bei 17 °C liegt.

Barbe (*Barbus barbus*)

Eier: Temperaturen über 20 °C töten die Eier ab (Elliott 1981). Auch Temperaturen unter 16 °C ertragen sie nicht (Alabaster & Lloyd 1980). Für Embryonen geben Herzig & Winkler (1985) eine Optimumstemperatur von 16 bis 21°C an.

Juvenile: Unter 14 °C wachsen 0⁺-Fische (Larven) nicht (Baras & Philippart 1999).

Adulte: Die obere Maximaltemperatur der Barbe beträgt 30 °C (IULT, Testdauer 24h, Kraiem & Pattee 1980).

Fortpflanzung: Zum Ablaichen sind Temperaturen zwischen 14 und 20 °C notwendig (Elliott 1981). Mann (1996) findet eine höhere Minimaltemperatur (16 °C). Es wurden auch schon Barben beobachtet, welche sogar bei 29 °C noch gelaicht haben (Alabaster & Lloyd 1980). Das Tagesminimum der Temperatur muss 14 °C übersteigen, damit die Barbe ablaicht. (Baras & Philippart 1999). Dem widersprechen Herzig & Winkler (1985), die allgemein Temperaturen von 8-16 °C für laichende Barben angeben.

Goldfisch (*Carassius gibelio*) *

Eier: Goldfischeier sterben bei Temperaturen über 28 °C (Elliott 1981).

Adulte: Der Optimumsbereich liegt zwischen 16 und 30 °C. Der untere kritische Bereich fängt bei 17 °C an, der obere bei 27 °C (Elliott 1981). Das CTMax befindet sich bei 36 °C (Beitinger et al. 2000).

Fortpflanzung: Diese Art pflanzt sich bei Temperaturen zwischen 17 und 24 °C fort (Elliott 1981). Alabaster & Lloyd (1980) bezeichnen Werte zwischen 15 und 19 °C als häufig.

Nase (*Chondrostoma nasus*)

Eier: Temperaturen über 12 °C (wahrscheinlich bis 19 °C) stellen optimale Bedingungen für die Embryonalentwicklung dar. Bei Temperaturen unter 10 °C sterben alle Embryonen ab und selbst bis 12 °C ergibt sich noch eine deutlich erhöhte Mortalität (Herzig & Winkler 1985). Müller (1997) findet eine Vorzugstemperatur für die Entwicklung zwischen 12 und 17 °C.

Fortpflanzung: Sie findet bei Temperaturen zwischen 8 und 16 °C statt (Alabaster & Lloyd 1980, Mann 1996). Herzig & Winkler (1985) bezeichnen 7-8 °C als Mindesttemperatur und Temperaturen in der Laichzeit von 10 bis 16 °C als häufig.

Gründling (*Gobio gobio*)

Banarescu & Coad (1991) nennen für die Verbreitung der Art den Bereich zwischen der 15 und 27 °C Juliisotherme (geogr. Gebiete, wo die mittlere Temperatur im Juli zwischen 15 und 27 °C liegt). Nur innerhalb dieses Temperaturbereichs kann genügend Nahrung aufgenommen werden, so dass eine Fortpflanzung stattfinden kann.

Adulte: Der kritische Bereich ist zwischen 27 und 37 °C (Elliott 1981). Alabaster & Lloyd (1980) geben eine Störtemperatur von 31 °C an (aufgeheizter See) und bei 37 °C die obere Maximaltemperatur. Im Labor wurden hierfür Werte zwischen 27 und 29 °C gemessen. Kraiem & Pattee (1980) beobachten im Labor einen Wert von 28 °C (IULT für die Testdauer von 24 h). Varley (1967) nennt sogar noch einen höheren Wert (30 °C, IULT).

Fortpflanzung: Die Fortpflanzung geschieht bei Temperaturen von zirka 12 °C (Elliott 1981, Alabaster & Lloyd 1980). Bourgois (1964 in Kennedy & Fitzmaurice 1972) gibt einen minimalen Wert von 17 °C für Frankreich an. Auch Mann (1996) findet den Bereich von 12-17 °C in der Literatur.

Hasel (*Leuciscus leuciscus*)

Eier: Es werden Temperaturen von 6 bis 15 °C für die Entwicklung benötigt (Herzig & Winkler 1985, Müller 1997). Die Minimaltemperatur liegt bei unter 4 °C und die Maximaltemperatur bei zirka 17-18 °C (Herzig & Winkler 1985).

Fortpflanzung: Die Art laicht bei Temperaturen zwischen 5 und 9 °C, selten bei 10 °C (Alabaster & Lloyd 1980). Müller (1997) findet dafür Temperaturen bis 14 °C und Mann (1996) bis 12 °C, welche beide etwas höher liegen. Laut Herzig & Winkler (1985) werden Temperaturen über 8 °C bevorzugt.

Alet (*Leuciscus cephalus*)

Eier: Nach Elliott (1981) sind Temperaturen unter 16 °C und über 30 °C letal für die Eier. Die Mortalitätsrate und der Anteil an Missbildungen bei den Embryonen sind aber oberhalb von 24 °C gross (Alabaster & Lloyd 1980).

Adulte: Der Optimumsbereich dieser Fischart liegt zwischen 8 und 25 °C. Ab 27 °C beginnt der kritische Bereich (Elliott 1981). Bei Versuchen in aufgeheizten Seen wurde eine Störtemperatur von 34 °C gemessen, die Fische verendeten bei CTMax von 38 bis 39 °C (Alabaster & Lloyd 1980).

Fortpflanzung: Der Alet laicht bei Temperaturen um 18 °C (Alabaster & Lloyd 1980, Elliott 1981). Mann (1996) findet in der Literatur Beobachtungen für das Ablaichen ab 13 °C.

Strömer (*Leuciscus souffia*)

Fortpflanzung: Die Fortpflanzung erfolgt bei Temperaturen zwischen 11 und 13 °C (Spillmann 1962, in Schwarz 1996).

Schwarz (1996) hat in seiner Arbeit die bis dahin vorhandene Literatur gesichtet. Zu dieser Fischart wurde leider keine weitere Literatur (nach 1996) gefunden.

Elritze (*Phoxinus phoxinus*)

Eier: Die Embryonen entwickeln sich bei Temperaturen zwischen 6-16 °C problemlos (Herzig & Winkler 1985).

Juvenile: Ab 23 °C weisen Larven eine erhöhte Mortalität auf (Bless 1992a).

Adulte: Der Optimumsbereich dieser Fischart liegt zwischen 13 und 25 °C. Der obere kritische Temperaturbereich (23-31 °C) überschneidet sich mit dem Optimumsbereich. Der tiefste gefundene Wert liegt bei 0 °C (Elliott 1981).

Fortpflanzung: Die Fortpflanzung geschieht bei Temperaturen zwischen zirka 17 und 20 °C (Elliott 1981). Die tiefste beobachtete Temperatur bei Abbläichen liegt bei 11 °C (Bless 1992a). Herzig & Winkler (1985) nennen Minimalwerte von 7 °C. Mann (1996) bezeichnet den Bereich von 11-22 °C als günstig zum Abbläichen.

Rotaugen (*Rutilus rutilus*)

Eier: Bei Temperaturen unter 5 °C bzw. über 27 °C sterben die Embryonen in den Eiern ab (Elliott 1981). Alabaster & Lloyd (1980) nennen einen engeren Temperaturbereich für das Überleben der Embryonen (7-27 °C) und finden bei Temperaturen oberhalb von 20 und unterhalb von 12 °C massive Verluste. Herzig & Winkler (1985) bezeichnen den Bereich von 12 bis 24 °C als optimal für die Embryonalentwicklung, die über 8 und unter 26 °C nicht möglich ist.

Adulte: Die Störtemperatur fängt laut EIFAC (1969) bei 28 °C an, das CTMax liegt bei 36 °C. Als Optimumsbereich bezeichnet Elliott (1981) Temperaturen zwischen 8-25 °C, wobei 0-12 °C bzw. 25-38 °C kritische Bereiche für das Rotaugen sind. In aufgetauchten Seen wurde das CTMax erst bei 38 °C erreicht. Die Vorzugstemperatur liegt bei 20 bis 25 °C (EIFAC 1969).

Fortpflanzung: Der Temperaturbereich, in welchem sich das Rotaugen fortpflanzt, liegt bei 5 bis 20 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) findet einen höheren Grenzwert (22 °C). Werte zwischen 8 und 19 °C sind typisch (Alabaster & Lloyd 1980). Mann (1996) nennt als untersten beobachteten Wert 7 °C. Als minimale Temperatur zum Laichen im See wird 10 °C angegeben (Lovas 1998). Im Genfersee, dagegen, laicht die Art z.B. erst bei Temperaturen über 17 °C (Gillet & Dubois 1995). Von Herzig & Winkler (1985) werden allgemein Werte zwischen 10 und 19 °C für das Laichen in der Literatur gefunden.

Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*)

Eier: Für die Entwicklung der Eier sind Temperaturen zwischen 14 und 31 °C notwendig (Alabaster & Lloyd 1980, Elliott 1981). Unterhalb von 16 °C und über 28 °C werden häufig Missbildungen und eine hohe Sterblichkeit beobachtet (Alabaster & Lloyd 1980).

Adulte: Diese Fischart zeigt ab 31 °C ein verändertes Verhalten und das CTMax liegt bei 36 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) bezeichnet schon Werte ab 29 °C als kritisch, wobei er den Optimumsbereich mit 14 bis 28 °C angibt. Alabaster & Lloyd (1980) finden ein CTMax bei 38 °C wobei bei einer Akklimatisierungstemperatur von zirka 20 °C Temperaturen von 32 bis 35 °C gemessen wurden. Varley (1967) findet bei der selben Akklimatisierungstemperatur einen Wert von 33 °C (IULT).

Fortpflanzung: Die Rotfeder laicht bei Temperaturen zwischen 18 und 24 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) gibt einen breiteren Bereich (14 bis 28 °C) an. Werte

unter 18 °C sind aber selten (Alabaster & Lloyd 1980). Mann (1996) und Herzig & Winkler (1985) finden Werte zwischen 14 und 20 °C.

Schleie (*Tinca tinca*)

Eier: Sie sind auf Temperaturen zwischen 14 (bzw. 15) und 31 °C angewiesen (Alabaster & Lloyd 1980, Elliott 1981). Ideal für die embryonale Entwicklung ist aber ein noch engerer Bereich (19-24 °C, Alabaster & Lloyd 1980, Herzig & Winkler 1985). Das Maximum liegt bei 33 °C (Herzig & Winkler 1985). Für die Zellteilung in den Eiern sind laut Penaz et al. (1989) Temperaturen zwischen 17 °C und 31 °C nötig. Der Optimumsbereich liegt dabei zwischen 20 und 25 °C.

Juvenile: Das Wachstumsoptimum der Larven liegt bei 24-26 °C, jenes der ersten Juvenilstadien bei 23 bis 27 °C (Penaz et al. 1989). Die IULT befindet sich bei 34 °C, das CTMax wird bei 39 °C erreicht (Hokanson 1977). Die Vorzugstemperaturen sind im Bereich von 16 bis 24 °C (Schmeing-Engberding 1953).

Adulte: Der Optimumsbereich für die adulte Schleie ist zwischen 20 und 26 °C. Der obere kritische Bereich umfasst Temperaturen ab 26 bis 39 °C (Elliott 1981). Nach Alabaster & Lloyd (1980) wird ab 32 °C die Störtemperatur erreicht. Heuschmann (1939) berichtet, dass die Schleie vorübergehend Temperaturen bis 37 °C erträgt, sie aber ab 24 °C in eine Art Wärmestarre fällt. Ab 8 °C hört sie mit fressen auf und ab 4 °C erstarrt sie ebenfalls (Kältestarre). Kraiem & Pattee (1980) finden eine obere Letaltemperatur von 32 °C, Varley (1967) eine IULT von 35 °C.

Fortpflanzung: Bei Temperaturen zwischen 19 und 25 °C wurde die Schleie beim Laichen beobachtet (EIFAC 1969). Elliott (1981) findet in der Literatur einen leicht grösseren Bereich (18-27 °C). Lam (1983) und Anwand (1965) wiederum geben als Minimaltemperatur 20 °C an. Mann (1996) findet Werte zwischen 16 und 26 °C und Hokanson (1977) solche zwischen 17 und 32 °C.

Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*)

Fortpflanzung: Das Ablaichen erfolgt bei Temperaturen zwischen 13 und 24 °C (Alabaster & Lloyd 1980).

Mehr zu dieser Art war aus der gesichteten aktuellen Literatur nicht zu erfahren.

Schmerle (*Barbatula barbatula*)

Eier: Es werden minimale Wassertemperaturen während der Entwicklung von 14 °C benötigt (Kainz & Gollmann 1989b).

Juvenile: Die Tiere fressen im Bereich zwischen 6 und 25 °C. Der kritische Bereich liegt bei 29 bzw. 3 °C (IULT und ILLT für 7 Tage). Sie überleben Temperaturen unter 0 und über 34 °C nicht (Elliott et al. 1994, siehe Abb. 9).

Adulte: Für hohe Populationsdichten sind sommerlichen Wassertemperaturen von mindestens 18 °C nötig (Kainz & Gollmann 1989b). Die Grenzen der Nahrungsaufnahme liegen bei 5 und 28 °C. Der kritische Bereich fängt bei 29 bzw. 3 °C an. Der höchste gemessene Wert liegt bei 34 °C, der tiefste bei 0 °C (Elliott et al. 1994, siehe Abb. 9).

Fortpflanzung: Das Ablaichen erfolgt bei Temperaturen zwischen 18 und 20 °C (Alabaster & Lloyd 1980).

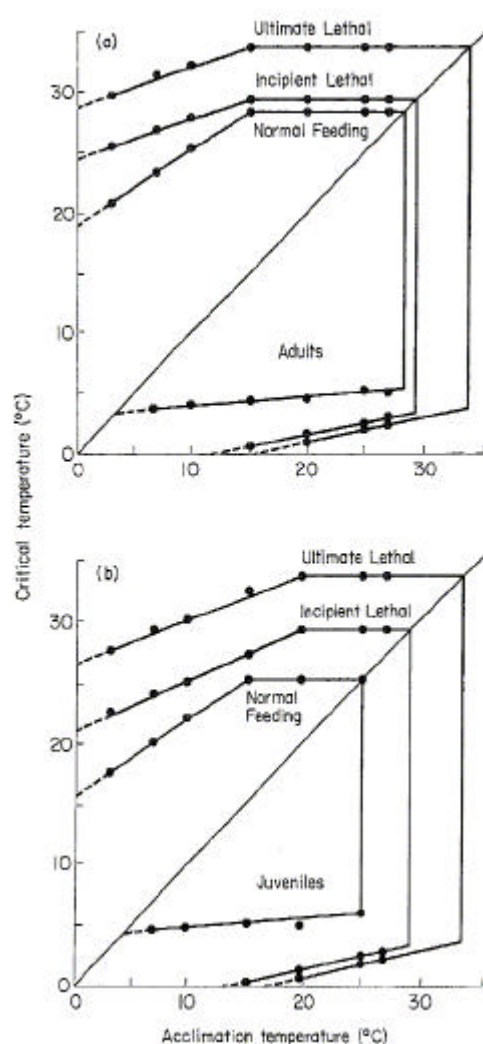


Abb. 9: Polygone der Temperaturtoleranz für juvenile (a) und adulte (b) Schmerlen (aus Elliott 1994).

Katzenwels (*Ictalurus melas*) *

Adulte: Der Katzenwels erträgt Temperaturen bis 0 und 34 °C (Arrignon 1998). Das CTMax liegt bei 38 °C (Beitinger et al. 2000).

Fortpflanzung: Diese Art pflanzt sich bei 17-20 °C fort (Alabaster & Lloyd 1980).

Trüsche (*Lota lota*)

Eier: Für die embryonale Entwicklung sind Temperaturen zwischen 0 und 3 °C optimal und Werte bis 12 °C noch möglich (Alabaster & Lloyd 1980).

Juvenile: Larven weisen unter 7 °C ein passives Verhalten auf, d.h. ein langfristiges Wachstum ist erst ab 8 °C möglich (Shodjai 1980).

Adulte: Das finale Präferendum ist 18 °C (Shodjai 1980). Die Vorzugstemperatur liegt bei 16 bis 18 °C (Scott & Crossmann 1973 zitiert in Hofmann & Fischer 2001). Müller (1997) nennt eine Maximaltemperatur von 21 °C für das Überleben. Die Fischart weist eine hohe Temperaturtoleranz auf und erträgt ohne Adaption Temperatursprünge von 4 bis 21 °C (Shodjai 1980).

Fortpflanzung: Die Trüsche laicht bei Temperaturen unter 4 °C (Mann 1996).

Stichling (*Gasterosteus aculeatus*)

Eier: Sie sterben bei Temperaturen über 27 °C (Elliott 1981).

Juvenile: 0⁺- und 1⁺-Fische meiden Temperaturen über 11 °C und bevorzugen jene zwischen 4 und 8 °C (Roed 1979).

Adulte: Temperaturen zwischen 4 und 20 °C sind optimal. Der obere kritische Bereich liegt bei 22-37 °C (Elliott 1981).

Fortpflanzung: Die Minimaltemperatur für die Reproduktion liegt bei 20 °C (Lam 1983). Dem widerspricht Elliott (1981), der Temperaturen zwischen 12 und 18 °C findet.

Flussbarsch (Egli, *Perca fluviatilis*)

Eier: Bei Temperaturen unter 6 und über 16 °C sterben die Eier ab (Elliott 1981). Die Embryonalentwicklung läuft normalerweise zwischen 12 und 18 °C ab, es sind aber auch Temperaturen bis 8 und 26 °C möglich, wobei der Anteil der Missbildungen und die Mortalitätsrate bei diesen Randtemperaturen markant

ansteigen (Alabaster & Lloyd 1980). Auch Swift (1965) findet Werte bis 22 °C, allerdings steigt die Mortalitätsrate bei Temperaturen über 16 °C stark an (mehr als die Hälfte überleben nicht). Saat & Veersalu (1996 in Sandström et al. 1997) geben eine Optimumtemperatur von 13 °C an, die Embryonalentwicklung verläuft im Bereich 8 bis 18 °C erfolgreich. Nach Wang & Eckmann (1994) schlüpfen Eier zwischen 6 und 22 °C, wobei die höchsten Überlebensraten in einem engeren Bereich (12 bis 20 °C) gefunden werden. Ein idealer Bereich für die Embryonalentwicklung bis zu freischwimmenden Stadien ist 16-18 °C.

Juvenile: Das Wachstumsoptimum für Larven liegt bei 25-30 °C. Juvenile haben eine CTMax von 36 °C, die IULT ist 34 °C (Hokanson 1977).

Adulte: Die Vorzugstemperatur des Flussbarsches liegt bei 20-25 °C, die obere kritische Temperatur bei 30 °C (Müller 1997). Die EIFAC (1969) meldet für das CTMax Temperaturen bis 34 °C. Arrignon (1998) gibt Maximalwerte von 21-32 °C und Minimalwerte von 9 °C bzw. unter 0 °C an, je nach Akklimatisierungstemperatur. Varley (1967) schliesslich findet in der Literatur den Wert 33 °C als oberste Grenze (IULT). Die Vorzugstemperatur liegt bei 18-27 °C (Hokanson 1977). Müller (1997) gibt dafür einen weiteren Bereich (8-27 °C) an.

Fortpflanzung: Die tiefsten Temperaturen für die Fortpflanzung beim Egli geben Arrignon (1998) und Lam (1983) mit 12 °C an. Laut dem EIFAC-Bericht liegt der Temperaturbereich des Flussbarsches für das Laichen zwischen 12 und 18 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) bzw. Hokanson (1977) finden in der Literatur Werte zwischen 5 und 19 °C. Die meisten gefundenen Werte liegen aber zwischen 6 und 15 °C (Alabaster & Lloyd 1980, Mann 1996). So beobachten Sandström et al. (1997) Flussbarsche beim Abbläuen bei Temperaturen von 8 °C. Sinkt die Temperatur auf 5-6 °C wird das Geschehen unterbrochen.

Zander (*Sander lucioperca*) *

Eier: Zandereier entwickeln sich bei Temperaturen zwischen 9 und 24 °C (Elliott 1981). Alabaster & Lloyd (1980) finden einen breiteren Bereich (7-25 °C), wobei sie Temperaturen zwischen 12 und 18 °C als optimal bezeichnen.

Juvenile: Das Wachstumsoptimum liegt mit 28-30 °C um die Vorzugstemperatur von 29 °C. Das CTMax liegt bei 37 °C und die IULT bei 34-35 °C, je nach Alter. Optimumtemperaturen für das Wachstum der Larven liegen zwischen 14 und 23 bzw. 26 °C (je nach Alter), die obere Letaltemperatur bei 30-32 °C, die untere bei 6-7 °C (Hokanson 1977).

Adulte: Der Zander hat einen Optimumsbereich von 12 bis 30 °C. Der Bereich von 32-37 °C ist kritisch (Elliott 1981). Laut Alabaster & Lloyd (1980) werden die obere Störtemperatur zwischen 32 und 33 °C erreicht, die CTMax bei 32 bis 37 °C. Die optimale Wachstumstemperatur liegt nach Hokanson et al. (1977) mit 28-30 °C am oberen Ende des Optimumsbereichs, die Präferenztemperatur liegt mit 24 °C tiefer (Hokanson 1977).

Fortpflanzung: Der Zander laicht bei Temperaturen zwischen 12 und 18 °C (EIFAC 1969). Elliott (1981) und Hokanson (1977) nennen einen Bereich von 4 bzw. 5 bis 26 °C. In der Regel werden aber Wassertemperaturen von 8 bis 22 °C während des

Laichens gemessen (Alabaster & Lloyd 1980, Mann 1996). Für den Zander in Ungarn gibt Unger (1939) ebenfalls tiefste Temperaturwerte von 8-9 °C für das Abbläichen an. Das Optimum liegt dort bei 12 bis 15 °C. Raikova-Petrova & Zivkov (1998) beobachten Zander beim Laichen in Gewässern mit Temperaturen von 4 bis 6 °C (im Kühlsystem eines thermischen Kraftwerks bei 6-12 °C). In der Literatur finden diese Autoren Werte bis 3 °C. Arrignon (1998) nennt Temperaturwerte von 13 bis 15 °C beim Beginn des Laichens.

Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) *

Juvenile: Als optimaler Temperaturbereich für das Wachstum von 0⁺-Fischen nennen Neophitou & Giapis (1994) 13 bis 25 °C.

Adulte: Die Letaltemperatur dieser Art liegt laut Altman & Dittmer (1966 in Brett 1979) bei 35 °C. Das bis heute höchste gemessene CT_{Max} liegt bei 35 °C, die niedrigste CT_{Min} bei 2 °C (50% Letalgrenze, Beitinger et al. 2000).

Fortpflanzung: Der Sonnenbarsch pflanzt sich über Temperaturen von 21 °C fort (Williamson et al. 1993). So wurden in Griechenland Fische bei Temperaturen zwischen 22 und 25 °C beim Abbläichen beobachtet (Neophitou & Giapis 1994).

Groppe (*Cottus gobio*)

Juvenile: Der Bereich, in dem die Juvenilen fressen liegt zwischen 5 und 27 °C. Die kritischen unteren bzw. oberen Bereiche fangen bei 3 bzw. 28 °C an. Die tiefste gemessene Letaltemperatur liegt unter 0 °C, die oberste Temperatur bei 33 °C (Elliott & Elliott 1995, siehe Abb. 10).

Adulte: Der Optimumsbereich liegt zwischen zirka 10 und 15 °C (Elliott 1981). Die Art erträgt keine hohen Sommertemperaturen (diese muss deutlich unter 20 °C sein, Hofer & Bucher 1991). So bezeichnen Kainz & Gollmann (1989) sommerlichen Maximaltemperaturen von 14-16 °C als günstig. Die Temperatur soll normalerweise nicht über 18 °C steigen. Elliott & Elliott (1995) beobachten im Labor, dass Gropfen bei Temperaturen zwischen 4 und 27 °C Nahrung

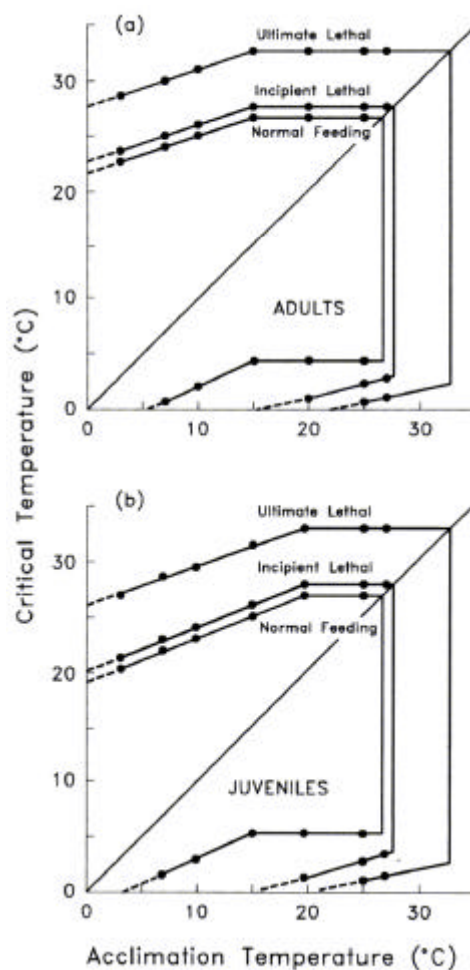


Abb. 10: Polygon der Temperaturtoleranz für adulte (a) und juvenile (b) Gropfen (aus Elliott 1995)

zu sich nehmen. Unter 3 °C beginnt der kritische untere Bereich und ab 28 °C der kritische obere. Die Extrema liegen unter 0 °C und bei 33 °C (Abb. 10). Die Vorzugstemperatur ist bei 6 bis 14 °C (Schmeing-Engberding 1953).

Fortpflanzung: Die Groppe laicht bei Temperaturen zwischen 7 und 14 °C (Elliott 1981).

5 Zusammenfassender Überblick

Die Optimal- und Extremaaltemperaturen für die verschiedenen Lebensstadien von 32 in Schweizer Fließgewässern vorkommenden Fischarten sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Vor allem für das Stadium „Juvenile“ konnten nicht viele Daten gefunden werden. Dies liegt unter anderem daran, dass Temperaturen ohne nähere Angaben stets als Angaben für das Adultstadium betrachtet wurden.

Für die Fortpflanzung liegt am meisten Information vor. Diese Angaben sind von besonderem Interesse, weil sie in den meisten Fällen im Feld erhoben wurden und somit die „wirklichen“ ökologischen Ansprüche am besten reflektieren.

Eier

Die Daten für das Lebensstadium „Eier“ sind in Abb. 11 visualisiert. Alle Lachsartigen (Salmoniformes, La bis und mit He) haben Optimumtemperaturen unter 15 °C für die Eientwicklung. Die Cypriniden (Karpfen bis Schleie) besitzen im allgemeinen Optimumtemperaturen von 12 °C und höher. Ausnahmen bilden hier der Hasel und die Elritze. Da beide Arten bis in die Äschen- und Forellenzonen verbreitet sind, müssen sich die Eier dort entwickeln können und sind dementsprechend unempfindlich gegenüber Kälte. Die Trüsche ist ein Winterlaicher und ihre Eier sind entsprechend auch resistent gegen tiefe Temperaturen. Die Perciden (Flussbarsch und Zander) laichen dagegen im Frühling bei steigenden Temperaturen.

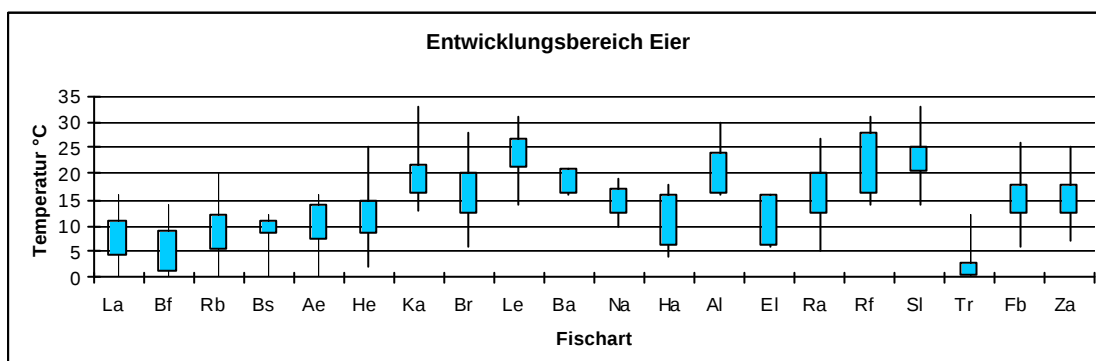


Abb. 11: Entwicklungsbereich der Eier bezüglich der Temperatur. Die Boxen umschliessen häufig gefundene Werte, die Enden der Striche Extremwerte. Die Abkürzung der Fischarten entspricht derjenigen von Tabelle 2 (Seite 28)

Tabelle 2: Zusammenstellung der Temperaturoptima- und extrema für 32 in der Schweiz lebenden Fischarten geordnet nach den vier Lebensstadien

	Aa	La	Bf	Sf	Rb	Bs	Ae	He	Ka	Br	Sn	Le	Ba	Gf	Na	Gr	Ha	Al	Sr	El	Ra	Rf	Sl	Sp	Sm	Kw	Tr	St	Fb	Za	Sb	Gr	
Eier	Maximum	16	14		20	12	16	25	33	28		31	21	28	19		18	30		16	27	31	33		14		12	27	26	25			
	Oberes Optimum	11	9		12	11	14	15	22	20		27	21	28	17		16	24		16	20	28	25		14		3	27	18	18			
	Unteres Optimum	4	1		5	8	7	8	16	12		21	16		12		6	16		6	12	16	20				0		12	12			
	Minimum	0	0		0	0	0	2	13	6		14	16		10		4	16		6	5	14	14				0		6	7			
Juvenile	Maximum	33	28		27	27		33	41	34										23			39		34			8	36	37	25	33	
	Oberes Optimum	23	14		27	15		26	25	34													27		25			8	30	30	25	27	
	Unteres Optimum	15	7	7		12		7	16	14													16		6	8	4	25	28	13	5		
	Minimum	0	0		0			3	16	14			14										16		0		4	25	28	13	0		
Adulte	Maximum	39	34	30	30	30	26	34	41	36	27	38	30	36		37					31	38	38	39		34	38	21	37	34	37	35	33
	Oberes Optimum	30	20	19	23	22	20	18	25	32	28	27	20	30		27		25		25	25	28	24		28	38	18	20	27	30	35	27	
	Unteres Optimum	8	6	4		10	8	4	9	15	8	18		16				8		13	8	14	20		5	0	16	4	8	12	2	4	
	Minimum	0	0	0		0	0	0	9	5	8	18		16					8	0	0	14	4		0	0	16	4	0	12	2	0	
Fortpflanzung	Maximum	8	13	9	20	16	15	23	30	23	24	28	29	24	16	17	14	18	13	22	22	28	32	24	20	20	3		19	26	25	14	
	Oberes Optimum	8	6	10	9	8	13	10	10	20	20	24	23	20	19	16	17	14	18	13	22	19	24	24	20	20	3		15	22	25	14	
	Unteres Optimum	8	1	1	1	6	2	4	5	17	12	12	17	14	15	10	12	9	13	11	11	5	18	20	13	18	17	0	6	8	22	7	
	Minimum	0	1	1	1	2	2	6	0	12	8	12	14	8	15	7	12	5	13	11	7	8	14	16	13	18	17	0	12	5	3	22	7

Legende:

Aa	=	Aal		Ka	=	Karpfen		Ha	=	Hasel		Sm	=	Schmerle
La	=	Lachs		Br	=	Brachsen		Al	=	Alet		Kw	=	Katzenwels*
Bf	=	Bachforelle		Sn	=	Schneider		Sr	=	Strömer		Tr	=	Trüsche
Sf	=	Seeforelle		Le	=	Laube		El	=	Elritze		St	=	Stichling*
Rb	=	Regenbogenforelle*		Ba	=	Barbe		Ra	=	Rotaugen		Fb	=	Flussbarsch
Bs	=	Bachsälbling*		Gf	=	Goldfisch*		Rf	=	Rotfeder		Za	=	Zander*
Ae	=	Äsche		Na	=	Nase		Sl	=	Schleie		Sb	=	Sonnenbarsch*
He	=	Hecht		Gr	=	Gründling		Sp	=	Schlammpeitzger*		Gr	=	Groppe

*) eingeführte Art

Juvenile

Viele Jungfische überleben in einem relativ weiten Temperaturbereich (siehe Abb. 12). Die engen Temperaturbereiche für den Stichling und die Perciden (Fb, Za) widerspiegeln das Fehlen von Daten und nicht die effektiven Temperaturvorlieben dieser Fische. Das Aufenthaltsgebiet der Arten innerhalb des Gewässers zeigt sich aber trotzdem relativ gut. Groppe, Schmerle und die Salmoniden bevorzugen die kalten Oberläufe der Gewässer, der Sonnenbarsch, die Cypriniden und Perciden kommen erst in den unteren, wärmeren Gewässerabschnitten vor. Bei den andern Arten ist eine Zuordnung auf Grund der Daten schwierig.

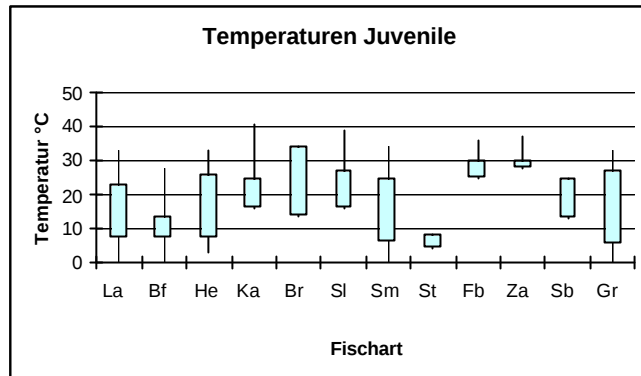


Abb.12: Optimaltemperaturen (Boxen) und Temperaturlimiten (Ende der Striche) für die Juvenile. Die Abkürzung der Fischarten entspricht derjenigen von Tabelle 2 (Seite 28).

Adulte

Da der Aal von der Mündung ins Meer bis zur Äschenzone vorkommt, überrascht der breite Temperaturbereich nicht (Abb. 13). Die Salmoniden bevorzugen kühle Gewässer, was sich auch in den Temperaturoptima und –maxima widerspiegelt. Der Hecht liebt es etwas wärmer. Wie der Vergleich mit Abb. 12 zeigt, kommt er aber auch noch in kälteren Gewässern vor.

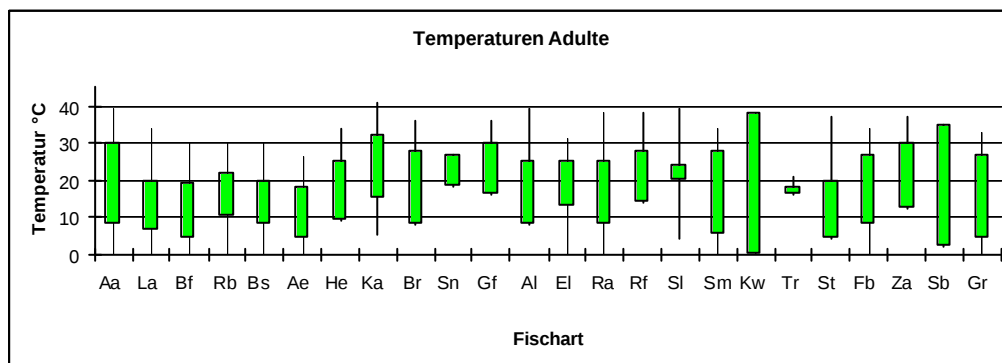


Abb. 13: Optimaltemperaturen (Boxen) und Temperaturgrenzen (Ende der feinen Striche) für das Adultstadium. Für die Abkürzungen der Fischarten siehe Legende von Tabelle 2 (Seite 28).

Die Cypriniden (Ka bis Sm) leben vor allem in den sommerwarmen, flacheren Gewässerabschnitten, die an die Forellenzzone anschliessen. Ausnahmen sind hier die Elritze und die Schmerle, die ebenfalls in der Forellenzzone vorkommen. Das Rotaugen lebt nicht in den Oberläufen der Gewässer, obwohl es relativ tiefe Temperaturen erträgt. Der Katzenwels scheint bezüglich der Temperatur ziemlich tolerant zu sein.

Allerdings fehlen ausreichende Daten, um den Optimumsbereich festzulegen. Die Trüsche kommt in einem breiteren Temperaturbereich vor. Ihre Eier ertragen Temperaturen bis 0 °C.

Bezüglich der Temperaturpräferenzen nehmen die Perciden zwischen den Salmoniden und den Cypriniden eine mittlere Stellung ein. Sie ertragen weder so tiefe Temperaturen wie die Salmoniden, noch so hohe wie die Cypriniden. Der Sonnenbarsch hat – auf einer schlechten Datengrundlage basierend - einen relativ breiten Temperaturbereich. Die Groppe lebt eher in kühlen Gewässern, ist aber auch relativ tolerant gegenüber der Temperatur.

Fortpflanzung

Die lachsartigen Fische (La bis He) laichen im Winter oder Frühling bei tiefen Temperaturen (siehe Abb. 14). Die Cypriniden dagegen laichen im Sommer, bei im allgemeinen höheren Temperaturen. Auffallend ist die relativ tiefe Temperatur bei denen das Rotaugen noch im Stande ist abzulaichen. Die Perciden nehmen wieder eine Zwischenstellung ein. Sie laichen auch im Frühling, leben aber nicht in den Oberläufen der Gewässer. Die Groppe laicht später im Frühling als die Salmoniden, bei ebenfalls höheren Temperaturen.

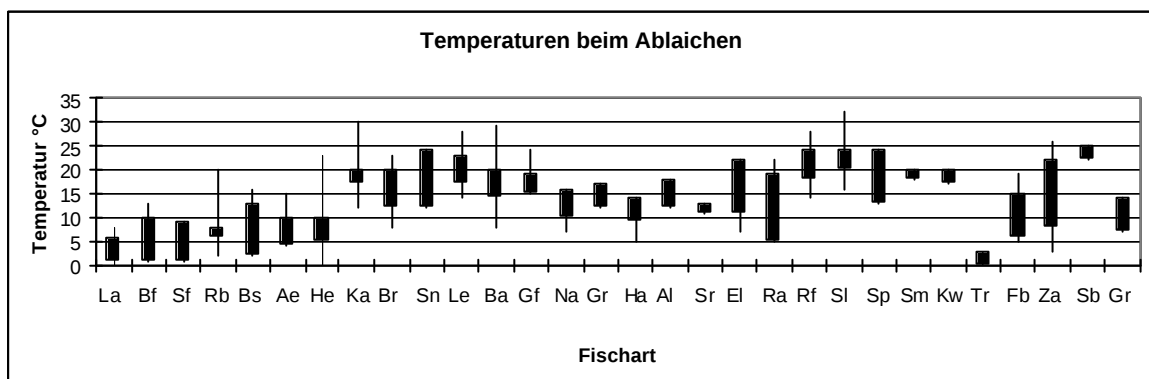


Abb. 14: Temperaturoptima (Balken) und –limiten (Ende der feinen Striche) für das Abblähen. Für die Abkürzungen siehe Legende der Tabelle 2 (Seite 28).

6 Schlussfolgerungen

Mögliche Auswirkungen eines veränderten Temperaturregimes auf die Fischfauna sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Hohe Temperaturen schaden vor allem den Salmoniden, tiefe benachteiligen die andern Fischarten (vor allem Cypriniden).

Tabelle 3: Auswirkung von Änderungen des Temperaturregimes auf die Fischfauna

Eingriff ins Wärme-regime	Mögliche Auswirkung auf die Fischfauna
Temperaturerhöhung im Sommer (z.B. Restwasserregime)	Entwicklung der Juvenilen schneller Konkurrenzfähigkeit der Salmoniden nimmt ab, in der Folge dominieren Cypriniden und andere weniger sensible Arten Lebensräume für Salmoniden gehen verloren, andere Arten wandern ein (Exoten, Cypriniden)
Temperaturerniedrigung im Sommer („Coldwater Pollution“)	Entwicklung der Juvenilen langsamer Probleme bei der Reproduktion der Cypriniden Entstehung von sekundären Salmonidengewässern durch Abwanderung aus den Oberläufen und durch Besatz
Temperaturerhöhung im Winter	Probleme für die Eientwicklung bei der Trüsche (Alabaster & Lloyd 1980) Schnellere Entwicklung der Eier bei den Salmoniden, falls Erhöhung nicht zu stark (die Temperaturen müssen unter 10 °C bleiben)
Temperaturerniedrigung im Winter (oberhalb Gefrierpunkt)	Probleme für Cypriniden und andere wärmeliebende Fische Entwicklung der Eier langsamer bei den Salmoniden

Um die Auswirkungen des veränderten Temperaturregimes in einem bestimmten Gewässerabschnitt zu untersuchen, ist es nötig, die dort vorhandenen Arten oder zumindest die dort potentiell vorkommenden Arten vor dem Eingriff zu kennen. Mit Hilfe von Modellrechnungen kann die Temperatur des Flusswassers für verschiedene Nutzungen und Wetterbedingungen simuliert werden. Dies erlaubt zu eruieren, mit welchen Veränderungen der Temperatur zu rechnen ist und welche potentielle Einflüsse diese auf die Fischfauna ausüben. Da neben der Temperatur aber auch noch andere Faktoren (wie Habitatsangebot, Strömungsverhältnisse, Nahrungsquellen, etc.) durch den Eingriff verändert werden, sind verlässliche Aussagen bezüglich der Temperatur allein schwierig.

Erschwerend kommt dazu, dass die hier angegebenen Temperaturdaten für eine Fischart von vielen verschiedenen Populationen stammen. Diese Populationen sind an die lokalen Verhältnisse ihrer Gewässer angepasst, d.h. Temperaturen, die für Bachforelle aus Norwegen zu warm sein können, sind für jene aus Spanien vielleicht gerade ideal.

Unabhängig von den Veränderungen in den einzelnen Gewässern muss auf Grund der globalen Erderwärmung mit vermehrten Problemen für die Salmoniden gerechnet werden (Foreman et al. 2001).

7 Ausblick

In der Schweiz kommen neben den 32 hier abgehandelten Arten (26 einheimische Arten, 6 nicht einheimische Arten) noch weitere Arten vor (Total 54 einheimische Fischarten, davon sind 8 ausgestorben). Um die Zusammenstellung zu vervollständigen, müssen die Temperaturpräferenzen und –limiten dieser hier nicht beschriebenen Arten aus der Literatur zusammengetragen werden (betreffende Arten siehe Anhang). Auch fehlt bei den einzelnen Arten die Angabe der nötigen Tagesgrade für die Eientwicklung. Diese Information ist hilfreich, da bei gegebenen Wassertemperaturen die Entwicklungszeit und der Schlüpfzeitpunkt berechnet werden können.

Literaturverzeichnis

- Alabaster, J. S. & Lloyd, R. (1980). Water Quality Criteria for Freshwater Fish. London and Boston: Butterworths.
- Altman, P. L. & Dittmer, D. S. (1966). Environmental Biology. Bethesda, Maryland: Federation of American Societies for Experimental Biology.
- Anwand, K. (1965). Die Schleie. Wittenberg: A. Ziemsen Verlag.
- Arrignon, J. (1998). Aménagement piscicole des eaux douces. Paris: Lavoisier.
- Banarescu, P. & Coad, B. W. (1991). Cyprinids of Euroasia. In *Cyprinid fishes - Systematics, biology and exploitation* (I. J. Winfield & J. S. Nelson, eds), pp. 127-155. London: Chapman & Hall.
- Baras, E., Jeandrain, D., Serouge, B. & Philippart, J. C. (1998). Seasonal variations in time and space utilization by radio-tagged yellow eels *Anguilla anguilla* (L.) in a small stream. *Hydrobiologia* **371/2**, 187-198.
- Baras, E. & Philippart, J. C. (1999). Adaptive and evolutionary significance of a reproductive thermal threshold in *Barbus barbus*. *Journal of Fish Biology* **55**, 354-375.
- Beitinger, T. L., Bennett, W. A. & McCauley, R. W. (2000). Temperature tolerance of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environmental Biology of Fishes* **58**, 237-275.
- Bjornn, T. C. & Reiser, D. W. (1991). Habitat requirements of salmonids in streams. In *Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitat* (W. R. Meehan, ed), pp. 83-138. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.
- Bless, R. (1992a). Einsichten in die Ökologie der Elritze *Phoxinus phoxinus* (L.) - praktische Grundlagen zum Schutz einer gefährdeten Fischart. Bonn-Bad Godesberg: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie.
- Bless, R. (1992b). Zur Reproduktion des Schneiders *Alburnoides bipunctatus* unter Laborbedingungen. In *Fisch-Symposium Ökologie, Ethologie und Systematik. 30. September - 2. Oktober 1992 in Braunschweig*.
- Bourgois, M. (1964). le goujon. *La Pêche et les Poissons* **229**, 45.
- Breitenstein, M. & Kirchhofer, A. (1999). Biologie, Gefährdung und Schutz des Schneiders in der Schweiz (*Alburnoides bipunctatus*), Mitteilungen zur Fischerei Nr. 62. Bern: BUWAL.
- Bremset, G. (2000). Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* **59**, 163-179.
- Brett, J. R. (1956). Some principles in the thermal requirements of fishes. *The Quarterly Review in Biology* **31**, 75-87.
- Brett, J. R. (1979). Environmental factors and growth. In *Fish Physiology - Bioenergetics and Growth* (W. S. Hoar, D. J. Randall & J. R. Brett, eds), pp. 599-676. New York and London: Academic Press.
- Carline, R. F. & Machung, J. F. (2001). Critical thermal maxima of wild and domestic strains of trout. *Transactions of the American Fisheries Society* **130**, 1211-1216.
- EIFAC (1969). Water quality criteria for European freshwater fish - water temperature and inland fisheries. *Water Research* **3**, 645-662.
- Elliott, J. M. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In *Stress and Fish* (A. D. Pickering, ed), pp. 209-245. London: Academic Press.
- Elliott, J. M. (1991). Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology* **25**, 61-70.
- Elliott, J. M. & Elliott, J. A. (1995). The critical thermal limits for the bullhead, *Cottus gobio*, from 3 populations in North-West England. *Freshwater Biology* **33**, 411-418.
- Elliott, J. M., Elliott, J. A. & Allonby, J. D. (1994). The critical thermal limits for the stone loach, *Noemacheilus barbatulus*, from 3 populations in North-West England. *Freshwater Biology* **32**, 593-601.
- Filbert, B. R. & Hawkins, C. P. (1995). Variation in condition of rainbow trout in relation to food, temperature, and individual length in the Green River, Utah. *Transactions of the American Fisheries Society* **124**, 824-835.
- Foreman, M. G. G., Morrison, J., Macdonald, S., Barnes, D. & Williams, I. V. (2001). Simulations and retrospective analyses of Fraser watershed flows and temperatures. *Atmosphere-Ocean* **39**, 89-105.
- Fry, F. E. J. (1947). Effects of the environment on animal activity. University Toronto Studies in Biology, Series No. 55, Publications of the Ontario Fisheries Research Labor **68**, 1-62.

- Fry, F. E. J. (1971). The effect of environmental factors on the physiology of fish. In *Fish Physiology - Environmental Relations and Behavior* (W. S. Hoar & D. J. Randell, eds), pp. 1-97. New York and London: Academic Press.
- Gall, G. A. E. & Crandell, P. A. (1992). The rainbow trout. *Aquaculture* **100**, 1-10.
- Gillet, C. & Dubois, J. P. (1995). A survey of the spawning of perch (*Perca fluviatilis*), pike (*Esox lucius*), and roach (*Rutilus rutilus*), using artificial spawning substrates in lakes. *Hydrobiologia* **301**, 409-415.
- Grande, M. & Andersen, S. (1991). Critical thermal maxima for young salmonids. *Journal of Freshwater Ecology* **6**, 275-279.
- Herzig, A. & Winkler, H. (1985). Der Einfluss der Temperatur auf die embryonale Entwicklung der Cypriniden. *Österreichs Fischerei* **38**, 182-196.
- Herzig, A. & Winkler, H. (1986). The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcaburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. *Journal of Fish Biology* **28**, 171-181.
- Heuschmann, O. (1939). Die Schleienzucht. In *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas* (R. Demoll & H. N. Maier, eds), pp. 664-722. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Heuschmann, O. (1940). Die Hechtzucht. In *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas* (R. Demoll & H. N. Maier, eds), pp. 750-787. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Hiner, L. E. (1961). Propagation of northern pike. *Transactions of the American Fisheries Society* **90**, 298-302.
- Hofer, R. & Bucher, F. (1991). Zur Biologie und Gefährdung der Koppe. *Österreichs Fischerei* **44**, 158-161.
- Hofmann, N. & Fischer, P. (2001). Seasonal changes in abundance and age structure of burbot *Lota lota* (L.) and stone loach *Barbatula barbatula* (L.) in the littoral zone of a large pre-alpin lake. *Ecology of Freshwater Fish* **10**, 21-25.
- Hokanson, K. E. F. (1977). Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**, 1524-1550.
- Hokanson, K. E. F., Kleiner, C. F. & Thorslund, T. W. (1977). Effects of constant temperatures and diel fluctuations on growth, mortality, and yield of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**, 639-648.
- Hokanson, K. E. F., McCormick, J. H. & Jones, B. R. (1973). Temperature requirements for embryos and larvae of the northern pike, *Esox lucius* (Linnaeus). *Transactions of the American Fisheries Society* **102**, 89-100.
- Humpesch, U. H. (1985). Inter- and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Archiv für Hydrobiologie* **104**, 129-144.
- Jakob, A., Liechti, P. & Schädler, B. (1996). Temperatur in Schweizer Gewässern - Quo vadis? *Gas-Wasser-Abwasser* **4/96**, 288-294.
- Javald, M. Y. & Anderson, J. M. (1967). Thermal acclimation and temperature selection in Atlantic salmon, *Salmo salar* and rainbow trout, *S. gairdneri*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **24**, 1507-1513.
- Johnson, J. E., Kramer, R. P., Larson, E. & Bonebrake, B. L. (1987). Trout growth, harvest, survival and microhabitat selection in the Green River, Utah, 1978-1982. Final Report, Flaming Gorge Tailwater Fisheries Investigations. Salt Lake City: Utah Division of Wildlife Resources.
- Jungwirth, M. & Winkler, H. (1984). The temperature dependence of embryonic development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta fario*). *Aquaculture* **38**, 315-327.
- Kainz, E. & Gollmann, H. P. (1989a). Beiträge zur Verbreitung einiger Kleinfischarten in österreichischen Gewässern - Teil 1: Koppe, Mühlkoppe oder Groppe (*Cottus gobio* L.). *Österreichs Fischerei* **42**, 204-207.
- Kainz, E. & Gollmann, H. P. (1989b). Beiträge zur Verbreitung einiger Kleinfischarten in österreichischen Gewässern - Teil 2: Bartgrundel oder Schmerle. *Österreichs Fischerei* **42**, 240-245.
- Kainz, E. & Gollmann, H. P. (1990). Beiträge zur Verbreitung einiger Kleinfischarten in österreichischen Gewässern - Teil 4: Schneider (*Alburnoides bipunctatus*; Cyprinidae). *Österreichs Fischerei* **43**, 187-192.
- Kaya, C. M. (1978). Thermal resistance of rainbow trout from a permanently heated stream, and of two hatchery strains. *The Progressive Fish-Culturist* **40**, 138-142.
- Kennedy, M. & Fitzmaurice, P. (1972). Some aspects of the biology of gudgeon *Gobio gobio* (L.) in Irish waters. *Journal of Fish Biology* **4**, 425-440.

- Kraiem, M. & Pattee, E. (1980). La tolérance à la température et au déficit en oxygène chez le Barbeau (*Barbus barbus* L.) et d'autres espèces provenant des zones voisines. *Archiv für Hydrobiologie* **88**, 250-261.
- Kubecka, J. & Vostradovsky, J. (1995). Effects of dams, regulation and pollution on fish stocks in the Vltava River in Prague. *Regulated Rivers: Research & Management* **10**, 93-98.
- Kucharczyk, D., Luczynski, M., Kujawa, R., Kaminski, R., Ulikowski, D. & Brzuzan, P. (1998). Influences of temperature and food on early development of bream (*Abramis brama* L.). *Archiv für Hydrobiologie* **141**, 243-256.
- Lam, T. J. (1983). Environmental influences on gonadal activity. In *Fish Physiology - Reproduction, Part B: Behavior and fertility control* (W. S. Hoar, D. J. Randell & E. M. Donaldson, eds), pp. 65-116. New York and London: Academic Press.
- Lillelund, K. (1966). Versuche zur Erbrütung der Eier vom Hecht *Esox lucius* L. in Abhängigkeit von Temperatur und Licht. *Archiv der Fischereiwissenschaften* **17**, 95-113.
- Livingstone, D. M. & Lotter, A. F. (1998). The relationship between air and water temperatures in lakes of the Swiss Plateau: a case study with palaeolimnological implications. *Journal of Paleolimnology* **19**, 181-198.
- Löffler, H. (1982). Zur Ökologie des Brachsen (*Abramis brama* (L.)) im Bodensee. Dissertation Universität Tübingen.
- Lovas, R. (1998). Populationsökologische Untersuchungen am Rotaugen (*Rutilus rutilus* L.) im Alpenersee. Diplomarbeit EAWAG.
- Lowe, C. H. & Vance, V. J. (1955). Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*. *Science* **122**, 73-74.
- Luksiene, D. & Sandström, O. (1994). Reproductive disturbance in a roach (*Rutilus rutilus*) population affected by cooling water discharge. *Journal of Fish Biology* **45**, 613-625.
- Lusk, S. (1995). Influence of valley dams on the changes in fish communities inhabiting streams in the Dyje River drainage area. *Folia Zoologica* **44**, 45-56.
- Mann, R. H. K. (1996). Environmental requirements of European non-salmonid fish in rivers. *Hydrobiologia* **323**, 223-235.
- Marten, P. S. (1992). Effect of temperature variation on the incubation and development of brook trout eggs. *Progressive Fish-Culturist* **54**, 1-6.
- McCormick, J. H., Hokanson, K. E. F. & Jones, B. R. (1972). Effects of temperature on growth and survival of young brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **29**, 1107-1112.
- Meier, W. (2002). Modellierung der Auswirkungen von Kraftwerken auf physikalische und chemische Eigenschaften von Bergbächen. Dissertation ETH Zürich.
- Messmer, M. & Lehmann, R. (1994). Bedeutung der Ökomorphologie für die Zusammensetzung und Struktur der Fischfauna in der Suhre unter spezieller Berücksichtigung des Schneiders *Alburnoides bipunctatus* Bloch. Diplomarbeit EAWAG.
- Morgan, I. J. & Metcalfe, N. B. (2001). The influence of energetic requirements on the preferred temperature of overwintering juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**, 762-768.
- Müller, K. (1961). Die Biologie der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in Lule Älv (Schwedisch Lappland). *Zeitschrift für Fischerei NF* **10**, 173-201.
- Müller, R. (1997). Vorlesungsskript Fischkunde der Schweiz 1997/8.
- Müller, R. (2000). Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie. Vorlesungsmanuskript ETH SS 2000.
- Neophitou, C. & Giapis, A. J. (1994). A study of the biology of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus* (L.)) in Lake Kerkini (Greece). *Journal of Applied Ichthyology* **10**, 123-133.
- Northcote, T. G. (1995). Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, *Thymallus*). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **5**, 141-194.
- Pelz, G. R. (1986). Der Schneider. *Allgemeine Fischereizeitung Fischwaid*.
- Penaz, M., Prokes, M., Kouril, J. & Hamackova, J. (1989). Influence of water temperature on the early development and growth of the tench, *Tinca tinca*. *Folia Zoologica* **38**, 275-287.
- Penaz, M., Wohlgenuth, E., Stouracova, I. & Prokes, M. (1988). Influence of water temperature upon the growth and mortality rates of glass eels, *Anguilla anguilla* using water recirculation. *Folia Zoologica* **37**, 263-272.
- Poxton, M. G. (1991). Incubation of salmon eggs and rearing of alevins: Natural temperature fluctuations and their influence on hatchery requirements. *Aquacultural Engineering* **10**, 31-53.

- Raikova-Petrova, G. & Zivkov, M. (1998). Maturity, spawning and sex ratio of pike perch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in two Bulgarian reservoirs as compared to other European habitats. *Journal of Applied Ichthyology* **14**, 31-35.
- Roed, K. H. (1979). Temperature preference of the 3-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. (Pisces), collected at different seasons. *Sarsia* **64**, 137-141.
- Saat, T. & Veersalu, A. (1996). The early development in perch, *Perca fluviatilis* and ruffe, *Gymnocephalus cernuus* at different temperatures. *Annales Zoologica Fennici* **33**, 693-698.
- Sadler, K. (1979). Effects of temperature on growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla* L. *Journal of Fish Biology* **15**, 499-507.
- Sandström, O., Abrahamsson, I., Andersson, J. & Vetemaa, M. (1997). Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch. *Journal of Fish Biology* **51**, 1015-1024.
- Schmeing-Engberding, F. (1953). Die Vorzugstemperaturen einiger Knochenfische und ihre physiologische Bedeutung. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften* **2**, 125-155.
- Schmitz, W. & Schuman, G. O. (1982). Die sommerlichen Wassertemperaturen der Äschenzone mitteleuropäischer Fließgewässer. *Archiv für Hydrobiologie* **95**, 435-443.
- Schwarz, M. (1996). Verbreitung und Habitatanprüche des Strömers (*Leuciscus souffia* Risso 1826) in den Fließgewässern der Schweiz. Diplomarbeit Universität Freiburg im Breisgau.
- Scott, W. B. & Crossmann, E. J. (1973). Freshwater fishes of Canada. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **184**, 641-645.
- Shodjai, F. (1980). Entwicklungs-, stoffwechsel- und ernährungsphysiologische Untersuchungen an der Aalquappe (*Lota lota* L.) unter Berücksichtigung ihrer Eigenschaft als Kulturfisch. Dissertation Universität Kiel.
- Spence, J. A. & Hynes, H. B. N. (1971). Differences in fish populations upstream and downstream of a mainstream impoundment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **28**, 45-46.
- Spillmann, J. (1962). Sur la systématique de *Telestes soufia* (Risso). Variation de certain caractères numérique et métrique de l'espèce. *Bulletin du Muséum National d' Histoire Naturelle* **34**, 435-452.
- Swift, D. R. (1965). Effect of temperature on mortality and rate of development of eggs of pike (*Esox lucius* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.). *Nature* **206**, 528.
- Unger, E. (1939). Die Zucht des Zanders in Karpfenteichwirtschaften und in freien Gewässern. In *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas* (R. Demoll & H. N. Maier, eds), pp. 723-748. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Varley, M. E. (1967). *British Freshwater Fishes - Factors Affecting their Distribution*. London: Fishing News (Books) Limited.
- Wang, N. & Eckmann, R. (1994). Effects of temperature and food density on egg development, larval survival and growth of perch (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture* **122**, 323-333.
- Westers, H. & Stickney, R. R. (1993). Northern pike and muskellunge. In *Culture of nonsalmonid freshwater fishes* (R. R. Stickney, ed), pp. 199-214. Boca Raton: CRC Press.
- Williamson, J. H., Carmichael, G. J., Graves, K. G., Simco, B. A. & Tomasso, J. R. J. (1993). Centrarchids. In *Culture of nonsalmonid freshwater fishes* (R. R. Stickney, ed), pp. 145-198. Boca Raton: CRC Press.

Anhang

Fischarten im Rhonetal (Wallis)

	Service de la chasse, de la pêche et de la faune a	Fischer b	Selber gefunden c	Fatio d
Aal	nein	nein	nein	ja, selten
Bachforelle	ja	ja	ja	ja
Seeforelle	ja	nein	nein	ja
Regenbogenforelle	ja	ja	ja	nein
Seesaibling*	ja	nein	nein	nein
Bachsaibling	ja	nein	nein	nein
Kanadische Seeforelle*	ja	nein	nein	nein
Felchen*	ja	nein	nein	nein
Äsche	ja	ja	nein	ja
Hecht	ja	ja	ja	ja
(Spiegel-)Karpfen	ja	ja	nein	ja
Brachsmen	ja	nein	nein	nein
Schneider	nein	nein	nein	ja
Laube	ja	nein	nein	ja
Karausche	ja	nein	nein	nein
Goldfisch	ja	nein	nein	nein
Gründling	ja	nein	nein	ja
Alet	ja	ja	ja	ja
Elritze	ja	ja	ja	ja
Rotaugen	ja	nein	nein	ja
Rotfeder	ja	nein	nein	ja
Schleie	ja	ja	nein	ja
Moorgrundel	ja	nein	nein	nein
Schmerle	nein	ja	nein	ja
Zwergwels	ja	nein	nein	nein
Trüsche	ja	nein	nein	ja
Stichling	ja	ja	ja	nein
Egli	ja	nein	nein	ja
Zander	ja	nein	nein	nein
Sonnenbarsch	ja	nein	nein	nein
Groppe	ja	ja	ja	ja

a) Angaben von Rolf Collaud, Fischereiaufsehers des Kantons Wallis (Herbst 2001)

b) Angaben von Sportfischer bei einer Befragung (Sommer 2001)

c) Befischungskampagne S. Küttel in den Kanälen und Seitengewässer (Frühling-Herbst 2001)

d) Angaben aus Fatio (1882, 1890)

*) Arten, die seespezifisch sind (z.B. Stauseen)

Einheimische Fischarten, Herkunft: Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, Anhang 1

deutsch/lokal a	Lateinisch	Einzugsgebiete b	Gefährdungsstatus c
Acipenseridae:			
Stör	Acipenser sturio	Hochrhein	0, E
Anguillidae:			
Aal	Anguilla anguilla	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Balitoridae:			
Schmerle, Bartgrundel	Barbatula barbatula	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Blenniidae:			
Cagnetta	Salaria fluviatilis	Ticino	2, E
Clupeidae:			
Agone	Alosa agone	Ticino	3, E
Maifisch	Alosa alosa	Hochrhein	0, E
Cheppia	Alosa fallax	Ticino	0, E
Cobitidae:			
Steinbeisser, Dorngrundel	Cobitis taenia	Rhein, Ticino	3, E
Schlammpeitzger, Moorgrundel	Misgurnus fossilis	Raum Basel	1, E
Cottidae:			
Groppe	Cottus gobio	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Cyprinidae:			
Blicke	Abramis bjoerkna	Rhein, Rhone, Doubs	NG
Brachsmen	Abramis brama	Rhein, Rhone, Doubs	NG
Schneider	Alburnoides bipunctatus	Rhein, Rhone, Doubs, Inn	3, E
Laube, Ukelei	Alburnus alburnus	Rhein, Rhone, Doubs	4
Alborella	Alburnus alburnus alborella	Ticino	4, E
Barbe	Barbus barbus	Rhein, Rhone, Doubs	4
Barbo canino	Barbus meridionalis	Ticino	2, E
Barbo	Barbus plebejus	Ticino	3, E
Nase	Chondrostoma nasus	Rhein, Rhone	2, E
Savetta	Chondrostoma soetta	Ticino	2, E
Soiffe, Sofie	Chondrostoma toxostoma	Doubs	1, E
Karpfen	Cyprinus carpio	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Gründling	Gobio gobio	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Moderlieschen	Leucaspis delineatus	Rhein	3, E
Alet	Leuciscus cephalus	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Hasel	Leuciscus leuciscus	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Strigione	Leuciscus souffia muticellus	Ticino	3, E
Strömer	Leuciscus souffia souffia	Rhein, Rhone, Doubs	2, E
Elritze	Phoxinus phoxinus	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Bitterling	Rhodeus amarus	Rhein	2, E
Pigo	Rutilus pigus	Ticino	4, E
Triotto	Rutilus rubilio	Ticino	4, E
Rotaue	Rutilus rutilus	Rhein, Rhone, Doubs	NG

Rotfeder	Scardinius erythrophthalmus	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Schleie	Tinca tinca	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Esocidae:			
Hecht	Esox lucius	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Gadidae:			
Trüsche	Lota lota	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Gasterosteidae:			
Stichling	Gasterosteus aculeatus	Rhein, Rhone, Doubs	4
Gobiidae:			
Ghiozzo	Padogobius bonelli	Ticino	2, E
Percidae:			
Kaulbarsch	Gymnocephalus cernuus	Rhein, Rhone	NG
Flussbarsch, Egli	Perca fluviatilis	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	NG
Rhonestreber	Zingel asper	Doubs	1, S
Petromyzontidae:			
Flussneunauge	Lampetra fluviatilis	Hochrhein	0, E
Bachneunauge	Lampetra planeri	Rhein, Doubs, Ticino	1, E
Salmonidae:			
Felchen (alle Taxa)	Coregonus spp.	Seespezifisch	4, E
Huchen	Hucho hucho	Inn	0, E
Lachs	Salmo salar	Hochrhein	0, E
Bachforelle	Salmo trutta fario	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	4
Seeforelle	Salmo trutta lacustris	Seespezifisch	2
Trota marmorata	Salmo trutta marmoratus	Ticino	0
Meerforelle	Salmo trutta trutta	Hochrhein	0
Seesaibling	Salvelinus alpinus	Seespezifisch	3
Äsche	Thymallus thymallus	Rhein, Rhone, Doubs, Ticino, Inn	3, E
Siluridae:			
Wels	Silurus glanis	Jurarandseen, Bodensee, Aare, Hochrhein	4, E

a) Namen der im Bericht beschriebene Fischarten sind **fett**

b) Bei den Angaben «Rhein», «Rhone», «Doubs», «Ticino» und «Inn» handelt es sich jeweils um die schweizerischen hydrologischen Einzugsgebiete dieser Flüsse. Die Einzugsgebiete von Adda und Etsch werden nicht separat erwähnt; sie sind der Angabe «Ticino» gleichgestellt.

c) Gefährdungsstatus: 0 = ausgestorben, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potentiell gefährdet, NG = nicht gefährdet, E = europäisch geschützt nach Berner Konvention, S = europäisch stark geschützt nach Berner Konvention.

Fische, für welche die Bewilligungspflicht für das Einsetzen innerhalb des erlaubten Einsatzbereichs entfällt, Herkunft: Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, Anhang 2

<i>Name deutsch a</i>	<i>Name Lateinisch</i>	<i>Erlaubter Einsatzbereich</i>
Regenbogenforelle	Oncorhynchus mykiss	Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen; Bergseen und alpine Stauseen ohne freie Fischwanderung in den Ober- und Unterlauf; stehende Gewässer, die speziell für fischereiliche Zwecke angelegt wurden
Kanad. Seeforelle, Amerik. Seesaibling	Salvelinus namaycush	Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen; Bergseen und alpine Stauseen
Bachsaibling	Salvelinus fontinalis	Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen; für Bachforellen ungeeignete Gewässer ohne Abwanderungsmöglichkeit
Zander	Sander lucioperca	Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen; Gewässer, in denen Zander bereits vorkommen und nicht zu unerwünschten Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt führen
Spiegelkarpfen und ähnliche Zuchtformen	Cyprinus carpio (Zuchtform)	Fischzucht- und Fischhälterungsanlagen
Koi	Cyprinus carpio (Zuchtform)	Fischhälterungsanlagen und Gartenbiotope, allfälliger Abfluss in die Kanalisation
Karassche	Carassius carassius	Fischhälterungsanlagen und Gartenbiotope, allfälliger Abfluss in die Kanalisation
Goldfisch, Silberkarassche	Carassius auratus auratus	Fischhälterungsanlagen und Gartenbiotope, allfälliger Abfluss in die Kanalisation
Gibel	Carassius auratus gibelio	Fischhälterungsanlagen und Gartenbiotope, allfälliger Abfluss in die Kanalisation
Goldorfe	Leuciscus idus (Zuchtform)	Fischhälterungsanlagen und Gartenbiotope, allfälliger Abfluss in die Kanalisation

a) Im Bericht abgehandelte Fischarten sind **fett**

Arten, Rassen und Varietäten von Fischen, deren Anwesenheit als unerwünschte Veränderung der Fauna gilt, Herkunft: Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, Anhang 3

<i>Name deutsch a</i>	<i>Name lateinisch</i>
Hundsfische	Umbra spp.
Blaubandbärbling	Pseudorasbora parva
Weisser Amur, Graskarpfen	Ctenopharyngodon idellus
Silberner Tolstolob	Hypophthalmichthys molitrix
Gefleckter Tolstolob	Aristichthys nobilis
Katzenwels, Zwergwels	Ameiurus spp.
Sonnenbarsch	Lepomis gibbosus
Schwarzbarsch	Micropterus dolomieu
Forellenbarsch	Micropterus salmoides

a) Im Bericht abgehandelte Fischarten sind **fett**