

Temperaturleranz einheimischer Fischarten der unteren Oder

Erschienen in:

Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal (15), 84-89

1. Einleitung

Das Jahr 2018 war durch einen sehr lang anhaltenden, trockenen Sommer gekennzeichnet, der nicht nur zu historischen Niedrigwasserständen in der Oder und anderswo führte, sondern auch zu dauerhaft 25°C übersteigenden Wassertemperaturen. Spätestens im September nahmen sich auch die Medien des Themas an, weil Kleingewässer austrockneten, sowie einige Forellenbäche und Teichanlagen notabgefischt werden mussten.

Fische sind ektotherme (auch wechselwarm oder poikilotherm genannt) Tiere, was bedeutet, dass ihre Körpertemperatur vollständig von der Umwelttemperatur abhängt. Demzufolge sind auch Stoffwechsel, Wachstum, Fortpflanzung und Mobilität direkt an die Wassertemperatur gekoppelt, was die Nachfrage, welche Folgen wird die prognostizierte Erwärmung der Gewässer für die Fischfauna haben, sehr plausibel erscheinen lässt. Da dieses Thema im Sommer 2018 sehr viele Menschen bewegt hat, werden nachfolgend die Temperaturleranz einheimischer Fischarten und der Einfluss weiterer, das Reaktionsvermögen gegenüber hohen Temperaturen beeinflussender Umweltfaktoren näher dargestellt.

2. Der Reaktionsbereich der Fische

Der Wärmeaustausch erfolgt bei Fischen vorwiegend über die Körperoberfläche. Nach Akklimatisierung liegt ihre Körpertemperatur ca. 0,1-1°C über der umgebenden Wassertemperatur (BEITINGER et al. 2000). Die Wassertemperatur beeinflusst alle biochemischen und physiologischen Aktivitäten, welche bei höheren Temperaturen zumeist schneller ablaufen. Mit der erhöhten Aktivität der Fische wird zusätzlich Energie verbraucht, bis hin zum Aufzehren der Fettreserven, um den Körper mit Energie zu versorgen. Zu hohe Temperaturen werden deshalb nur für begrenzte Zeit überlebt. Darüber hinaus sind viele der die Körperreaktionen steuernden Enzyme nicht besonders temperaturresistent und denaturieren ab etwa 60°C. Kalte Temperaturen bewirken das Gegenteil. Sie verlangsamen den Stoffwechsel und die Körperreaktionen bis hin zur Lethargie, weshalb viele Fischarten auch eine Winterruhe einlegen, in der sie das Fressen stark reduzieren bis völlig einstellen. Da die Körperflüssigkeiten bei Fischen nicht aus reinem Wasser bestehen, tolerieren sie auch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. So wurden bei Knochenfischen Körpertemperaturen von -0,5°C bis -0,9°C gemessen (BRETT 1956). Darüber hinaus können sich Fische sowohl an kalte als auch an warme Lebensräume akklimatisieren, weshalb sich ihr Reaktionsbereich auf die Umgebungstemperatur als Polygon darstellt (Abb. 1).

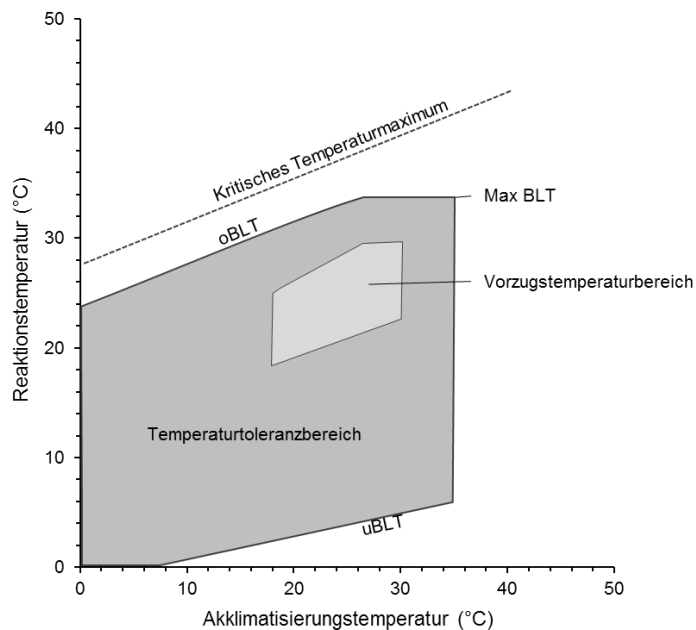


Abb. 1: Temperaturtoleranzbereich von Fischen: oBLT/uBLT= oberer/unterer beginnender Letalbereich (50 Prozent Mortalität), max BLT= Maximaltemperatur bis zu der ein Fisch akklimatisiert werden kann, kritisches Maximum= 100 Prozent Mortalität; verändert nach JOBLING (1981).

Fische erleiden allerdings bereits Stress, bevor letale Temperaturen erreicht werden, wenn die erhöhten Energiebedarfe, insbesondere auch für die Atmung, die mit der Nahrung aufgenommene Energie übersteigen und sie hungern. Der Temperaturtoleranzbereich ist artspezifisch.

Die Temperaturreaktion, insbesondere Akklimatisierung und Überleben der Fische, wird sehr stark über den Sauerstoffgehalt des Wassers vermittelt. Sinkende Sauerstoffgehalte im Wasser erhöhen den für die Atmung erforderlichen Energieaufwand. Mit zunehmender Temperatur nimmt das Sauerstoffbindevermögen des Wassers ab. Bei 10°C enthält Sauerstoff-gesättigtes Wasser 11,2 mg/l Sauerstoff; bei 20°C sind es 9,01 mg/l und bei 25°C nur noch 8,21 mg/l. Nachts, wenn keine Photosynthese und damit keine Sauerstoffproduktion durch Pflanzen möglich ist, nimmt die Sauerstoffsättigung kontinuierlich ab und erreicht vor Sonnenaufgang ihr absolutes Minimum. Das ist das kritische, das Überleben bestimmende Zeitfenster, in dem hohe Temperaturen und geringster Sauerstoffgehalt zusammentreffen.

3. Datenbasis

Minimale und maximale kritische bzw. Letaltemperaturen wurden fast ausschließlich in Laborexperimenten ermittelt, weil die physiologischen Grenzwerte in den Gewässern kaum und dann auch nicht unter kontrollierbaren Bedingungen erreicht werden (BEITINGER et al. 2000). Auch meiden Fische aus den verschiedensten Gründen bestimmte Gewässerbereiche, auch wenn sie die dort vorherrschende Temperatur überleben würden. Ganz anders die bevorzugten Temperaturbereiche: Diese werden häufig anhand der Fischverteilungen entlang von Temperaturgradienten in Gewässern ermittelt (TODD et al. 2008). Allerdings wurden auch für die Vorzugstemperaturen im Labor häufig höhere Werte gemessen, als sie im Gewässer erreicht werden, z.B. 30-32°C für Rotfedern (STAAKS 1996), 28-30°C für Plötzen (STAAKS 1996) sowie 28°C für Schmerle (ELLIOTT et al. 1994) und Hasel (STAAKS 1996).

Insgesamt wurden für 34 im Bereich der unteren Oder vorkommende Neunaugen- und Fischarten Originalstudien mit Daten zu tolerierten Maximaltemperaturen, Letaltemperaturen oder Temperaturpräferenzen recherchiert, wobei die Datenbasis für die einzelnen Arten sehr unterschiedlich war (Tab. 1). Auch wiesen die Temperaturwerte z.T. erhebliche Schwankungen auf, was auf verschiedene Akklimatisierungstemperaturen und Versuchsdurchführungen zurückzuführen ist, die hier aber nicht im Detail diskutiert werden. Überraschenderweise fanden sich für einige häufige Arten, wie Güster oder Zope keinerlei Werte.

Tabelle 1: Obere beginnende Letaltemperaturen (oBLT) im Nationalpark »Unteres Odertal« einheimischer Neunaugen und Fischarten, bei denen in Laborversuchen mit adulten Tieren 50 Prozent Mortalität auftraten sowie Anzahl der Studien.

Art	oBLT (°C)	#Studien	Art	oBLT (°C)	#Studien
Aal	38-39	3	Meerneunauge	30-32	2
Bachneunauge	24	1	Moderlieschen	34-37	3
Barbe	30-37	3	Plötze	30-38	7
Barsch	25-34	6	Quappe	26-32	4
Bitterling	37	1	Rapfen	30	2
Blei	34-36	4	Rotfeder	38	3
Döbel	36-39	4	Schlammpeitzger	34	1
Flussneunauge	30	1	Schleie	33-39	5
Giebel	31-38	6	Schmerle	31-34	10
Gründling	30-37	2	Schnäpel	30	1
Hasel	33-34	2	Steinbeißer	37	1
Hecht	33-34	3	Stichling, 3-st.	26-37	3
Karausche	38	2	Stint	30	1
Karpfen	34-41	11	Ukelei	35-38	3
Kaulbarsch	25-27	2	Wels	35	2
Lachs	25-34	9	Zander	31-37	3
Meerforelle	26-30	7	Zwergstichling	26	1

Bis auf sehr wenige Arten lagen die maximalen Temperatur-Schwellenwerte deutlich über den 2018 in der Oder gemessenen maximalen Wassertemperaturen (Tab. 1, Abb. 2). Dies bedeutet, dass selbst noch etwas weiter ansteigende Temperaturen für das Überleben der Tiere unkritisch sind. Ungeachtet dessen, kann bereits bei niedrigeren Temperaturen Temperaturstress auftreten, wie z.B. bei der Quappe bereits ab 20°C (SHODJAI 1980).

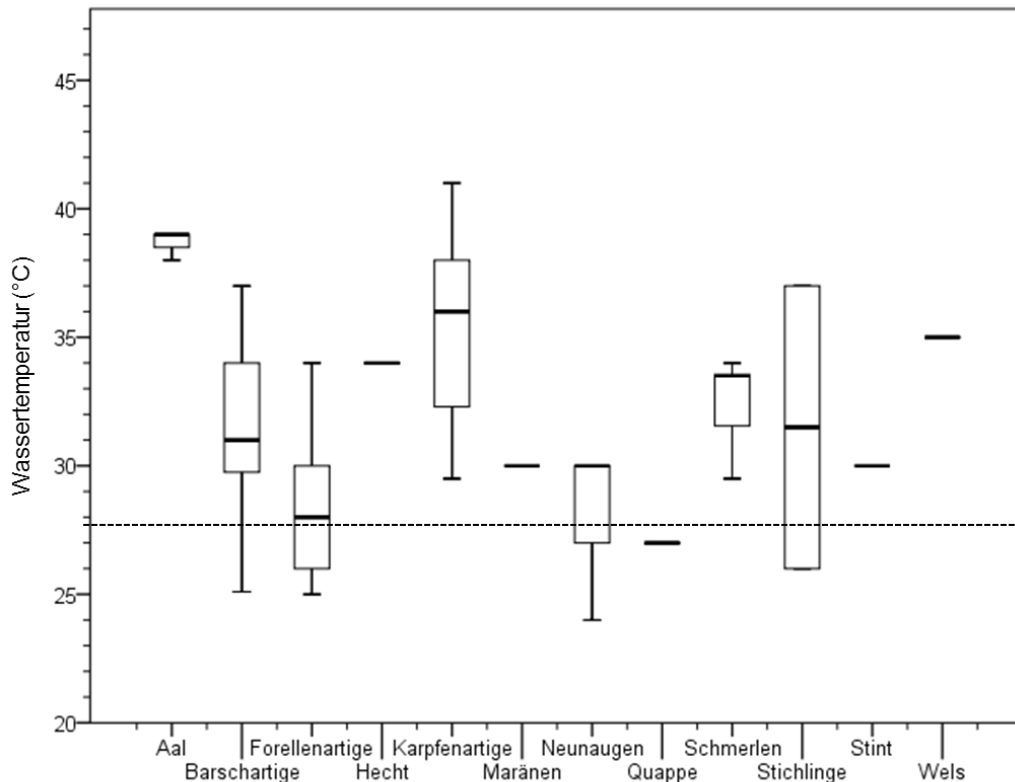


Abb. 2: Kritische Maximaltemperaturen (50 Prozent Mortalität) von Neunaugen- und Fischarten der unteren Oder, zusammengefasst auf Familien-Ebene. Die Boxen repräsentieren 50 Prozent der Werte, die Fehlerbalken 90 Prozent, das Band den Median. Die gestrichelte Linie repräsentiert die 2018 in der Oder gemessene maximale Wassertemperatur.

Die Quappe hat spezifische Stoffwechselstrategien entwickelt, um bei hohen Wassertemperaturen zu überleben (WOLTER et al. 2009), andere Arten nutzen Temperaturrefugien, z.B. an Grundwassereinströmungen oder in beschatteten Uferabschnitten. Insgesamt können sich die einheimischen Arten (und auch viele Neobiota) sehr gut an höhere Temperaturen akklimatisieren, viele bevorzugen sogar deutlich höhere Temperaturen (z.B. STAAKS 1996), so dass die 2018 gemessenen, hohen Temperaturen für Fische in Tieflandflüssen per se kein Problem darstellen.

4. Wann kommt es zum Problem?

In Verbindung mit Sauerstoff, präziser formuliert, mit zu geringen Sauerstoffgehalten im Wasser. Es gibt drei Eintragspfade für Sauerstoff: 1) Produktion durch Pflanzen während der Photosynthese, 2) mechanischer Eintrag durch Niederschläge, Wellen, Rauschen und andere Bewegungen der Wasseroberfläche, und 3) Diffusion durch die Wasseroberfläche. Der Sauerstoff-Eintrag durch Diffusion ist umgekehrt proportional zur Sauerstoff-Sättigung des Wassers, d.h. der Diffusionskoeffizient steigt mit abnehmender Sättigung.

Sauerstoff ist die Grundlage allen aeroben Lebens und wird von den Organismen kontinuierlich während der Atmung, sowie bei der bakteriellen Umsetzung von organischem Material verbraucht. Übersteigt der Gesamt-Sauerstoffverbrauch die Gesamtproduktion bzw. den Gesamteintrag, dann sinkt die Sauerstoffsättigung im Wasser und kann es zu hypoxischen bis hin zu anoxischen Bedingungen kommen. Letzteres tritt insbesondere dann auf, wenn die organische Belastung eines Gewässers

besonders hoch ist und wenn ein oder mehrere Sauerstoff-Eintragspfade ausfallen, d.h. nachts, wenn die lichtabhängige Photosynthese nicht möglich ist und keine Sauerstoffproduktion erfolgt. In Standgewässern, insbesondere in Kleingewässern findet i.d.R. auch kein mechanischer Eintrag von Sauerstoff statt, so dass hier nur noch der Diffusionspfad verbleibt und es deshalb noch schneller zu angespannten Sauerstoffsituationen, insbesondere in den frühen Morgenstunden kommen kann. Es sei angemerkt, dass auch diese Situation regelmäßig auftretender hypoxischer Bedingungen nicht unnatürlich ist. Im Gegenteil, sie ist typisch für kleine Auegewässer in fortgeschrittenem Sukzessionsstadium, mit schlammigen Sedimenten, dichter Pflanzenbesiedlung, hoher Produktivität und vergleichsweise kleiner Wasseroberfläche. Es ist daher nur folgerichtig, dass die typischen Auespezialisten unter den Fischarten Anpassungen an diesen Lebensraum und an anoxische Bedingungen entwickelt haben, wie die Darmatmung beim Schlammpeitzger oder alternative Stoffwechselwege bei Bitterling, Giebel und Karausche (zusammengefasst in WOLTER & SCHOMAKER 2014). Weniger angepasste Fischarten sind in Kleingewässern besonders gefährdet, im Zusammenspiel von hohen Temperaturen und hypoxischen Bedingungen, ihre Lebensgrundlage zu verlieren.

In natürlichen Fließgewässern sind auch nachts zwei Sauerstoff-Eintragspfade aktiv. Neben der Diffusion führen das turbulente Fließen, die vertikale Durchmischung der Wassersäule und kleine Turbulenzen an zahlreichen Hindernissen, wie Totholz, Uferstrukturen, Wurzeln oder Steine, zum mechanischen Sauerstoffeintrag, weshalb hier selbst in den frühen Morgenstunden das Sauerstoffdefizit weniger dramatisch ist als in stehenden Kleingewässern. Das versetzt Flussfische in die Lage, auch hohe Wassertemperaturen problemlos zu überstehen.

Leider haben die ausgebauten Fließgewässer in der Kulturlandschaft viel von ihren natürlichen Strukturen und ihrem Fließverhalten eingebüßt. Überhöhte Querschnitte, Stau-Regulierung und verringerte Fließgeschwindigkeiten, machen sie den Standgewässern ähnlicher und damit u.a. auch anfälliger gegenüber den Auswirkungen hoher Wassertemperaturen.

5. Anpassung an den Klimawandel

Nicht die hohen Wassertemperaturen per se sind das Problem für unsere Fische, sondern die Eutrophierung von Gewässern und der damit ansteigende Sauerstoffverbrauch sowie die Verminderung des mechanischen Sauerstoffeintrags infolge Fließgewässerregulierungen und verringerter Fließdynamiken. In Anpassung an den Klimawandel und steigende Temperaturen sind flusstypische Gewässerstrukturen, wie z.B. Mehrbettgerinne, Breiten- und Tiefenvarianz, schneller fließende Abschnitte und das Auftreten von Turbulenzen zu revitalisieren. Damit wird nicht nur die Sauerstoff-Situation im Gewässer als wichtiger Mediator der Temperaturtoleranz von Fischen entspannt. Gleichzeitig werden auch hydromorphologische Prozesse revitalisiert und Gewässerstrukturen geschaffen, die für flusstypische Neunaugen und Fischarten förderlich sind und damit unmittelbar zum Erreichen eines guten ökologischen Zustands, dem Entwicklungsziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie beitragen.

6. Literatur

- BEITINGER, T.L., W. A. BENNETT & R.W. McCAULEY (2000): *Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature*. Environmental Biology of Fishes, 58: 237-275.
- BRETT, J.R. (1956): *Some principles in the thermal requirements of fishes*. The Quarterly Review in Biology, 31: 75-87.
- Elliott, J.M., J. A. Elliott & J.D. Allonby (1994): *The critical thermal limits for the stone loach, Noemacheilus barbatulus, from three populations in north-west England*. Freshwater Biology, 32: 593-601.
- JOBLING, M. (1981): *Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures*. Journal of Fish Biology, 19: 439-455.
- SHODJAI, F. (1980): *Entwicklungs-, Stoffwechsel- und Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der Aalquappe (Lota lota L.) unter Berücksichtigung ihrer Eignung als Kulturfisch*. Dissertation, Universität Kiel.
- STAAKS, G. (1996): *Experimental studies on temperature preference behaviour of juvenile cyprinids*. Limnologica, 26: 165-177.
- TODD, A.S., M.A. COLEMAN, A.M. KONOWAL, M.K. MAY, S. JOHNSON, N.K.M. VIEIRA & J.F. SAUNDERS (2008): *Development of new water temperature criteria to protect Colorado's fisheries*. Fisheries, 33: 433-443.
- WOLTER, C., S. VOLKMANN, F. NAGEL & F. HÖLKER (2009): *Die Oderquappe – ein Leben am Temperaturlimit*. In: Vössing, A. (Hrsg.) Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal 6, 57-72, Nationalparkstiftung Unteres Odertal, Schloss Criewen, Schwedt/O.
- WOLTER, C. & C. SCHOMAKER (2014) *Leben in Isolation – fischökologische Anpassungen an das Leben in Auengewässern*. In: Vössing, A. (Hrsg) Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal 11, 42-50, Nationalparkstiftung Unteres Odertal, Schloss Criewen, Schwedt/O.

DR. CHRISTIAN WOLTER
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
wolter@igb-berlin.de