

Standardisierung der Haltungsbedingungen in der experimentellen Fischhaltung

Prof. Dr. Kurt Schreckenbach, Dr. Thomas Meinelt,
Dr. David Bierbach, Dr. Klaus Kohlmann, Dr. Jörn Geßner

In Tierversuchen sollten die Haltungsbedingungen optimiert und standardisiert werden. Ziel ist es, die Störgrößen, die eine Reaktion der Tiere auf die Haltungsbedingungen verursachen, von der Reaktion auf die zu untersuchenden Versuchsparameter zu trennen und zu minimieren. Der folgende Artikel definiert, welche Faktoren die Haltungsbedingungen von Fischen beeinflussen und wie diese optimiert werden können.

Die Minimierung der Störgrößen lässt sich bei Fischen mit einer Annäherung an die Homöostase erreichen, denn unter optimalen Umweltbedingungen erreichen die verschiedenen Fischarten das stärkste artspezifische Wachstum, die höchste Kondition und den besten Gesundheitszustand. In den suboptimalen Bereichen verringern sich Wachstum und Kondition, weil die Fische mehr Energie zur Anpassung an die Umweltbedingungen benötigen. In den kritischen Bereichen treten Stressreaktionen auf, die zum Anstieg der Stresshormone, zur Erhöhung des Blutzucker- und Milchsäuregehaltes, zu Verhaltensänderungen und langfristig auch zu Anpassungs Erkrankungen führen. Stress durch ungünstige Umwelt-, Ernährungs- und/oder Haltungsbedingungen ist die häufigste Ursache für Wachstumsdepressionen, Konditionsmängel und Erkrankungen. So sind die meisten Infektionskrankheiten das Ergebnis des Zusammenwirkens von mehreren ungünstigen Faktoren, weshalb sie als Faktorenkrankheiten bezeichnet werden.

Relevante Parameter der Haltung

Ziel der Haltung ist die Sicherung des Wohlbefindens der Tiere und über eine Anpassung der Haltungsbedingungen

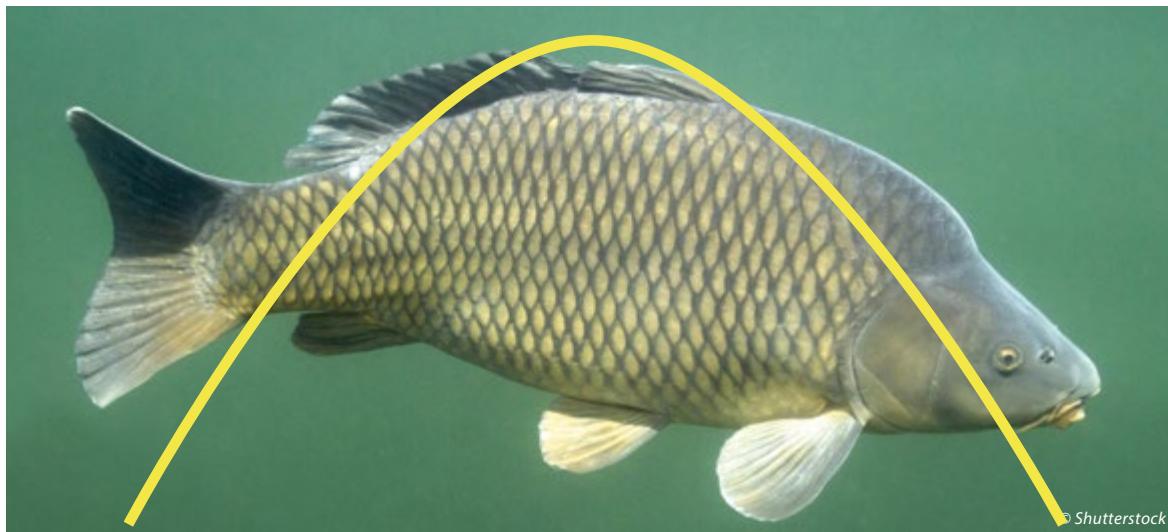
an die artspezifischen Bedürfnisse der zu haltenden Individuen eine Minimierung der Auswirkungen von Haltung und Handling zu erreichen. Im Folgenden werden die wichtigsten umwelt-, ernährungs- und erregungsbedingten Effekte bei Fischen sowie Maßnahmen zu ihrer Verhütung in geschlossenen Systemen dargestellt. Hierzu gehört auch die Akklimatisation.

Atmung

Die Viskosität und die Dichte des Mediums Wasser haben einen entscheidenden Einfluss auf die Kiemenatmung. Wasser muss über die stark durchbluteten Epithelien der Kiemen geleitet werden, um dort den Gasaustausch zu ermöglichen. Zu diesem Zweck muss es aktiv gepumpt werden, was erhebliche energetische Kosten verursacht (bis zu 50 % des Grundumsatzes). Von Bedeutung ist hierbei auch, dass die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser relativ gering ist und zudem mit steigender Temperatur und steigendem Salzgehalt abnimmt. Zur Sicherung der Sauerstoffversorgung ist es deshalb wichtig, die Transportbarriere (Epithelstärke) gering zu halten, um die Diffusion und damit den Gasaustausch zu begünstigen. Mit diesem Anpassungsmechanismus ist allerdings auch die Gefahr einer Intensivierung des Ionenaustausches und eine höhere Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Beschädigungen verbunden.

Die Ansprüche an den Sauerstoffgehalt sind beispielhaft für den Karpfen aus Tabelle 1 ersichtlich. Der artspezifische Sauerstoffbedarf der Fische hängt maßgeblich von der Wassertemperatur sowie dem Stoffwechselniveau der Fische ab. Die Einhaltung der optimalen Sauerstoffgehalte ist für eine sichere Haltung und Aufzucht von Fischen von entscheidender Bedeutung.

Bei Sauerstoffgehalten < 4 mg/l (Karpfen-, Stör-, Aal- und Welsartige) bzw. < 6 mg/l (Forellen- und Barschartige) wird die Sauerstoffversorgung der Fische eingeschränkt, weil der Partialdruck des Gases für den Übergang vom Wasser in



Umweltparameter	ME	kritischer unterer Bereich	eingeschränkter unterer Bereich	optimaler Bereich	eingeschränkter oberer Bereich	kritischer oberer Bereich
Sauerstoff (O_2)	mg/l	bis 3,0	4,0 – 4,9	5,0 – 30	31 – 35	bis 40
ph-Wert	—	bis 5,5	6,0 – 6,9	7,0 – 8,3	8,4 – 100,0	bis 10,5
Kohlendioxid (CO_2)	mg/l	bis 0,5	1 – 6	7 – 18	19 – 20	bis 25
Stickstoff (N_2)	%	—	—	< 100	100 – 103	bis 105
Ammoniak (NH_3)	mg/l	—	—	0,02	0,02 – 0,1	bis 0,2
Salpetrige Säure (HNO_2)	mg/l	—	—	0,0004	0,0004 – 0,001	bis 0,04
Nitrit (NO_2)	mg/l	—	—	1,0	1,0 – 3,0	bis 5,0
Nitrat (NO_3)	mg/l	—	—	200	200 – 300	bis 800

Tab. 1: Grenzwerte ausgewählter Wasserparameter am Beispiel des Karpfens [5]

das Blut an den Kiemen nicht mehr ausreicht. Beim Aktivitätsstoffwechsel kann dies zu einer Sauerstoffunterversorgung der Fische führen, die durch eine Erhöhung der Atemfrequenz und des Atemvolumens auszugleichen versucht wird oder der durch eine Reduzierung der Stoffwechselintensität begegnet wird. Im Fall der Kompensation kommt es zu einer verstärkten Abatmung von Kohlendioxid, die das Wachstum und die Kondition erheblich beeinträchtigen und die Anfälligkeit der Fische gegenüber Belastungen und Fischpathogenen erhöhen kann.

Bei akutem Sauerstoffmangel < 3 mg/l (Karpfen-, Stör-, Aal- und Welsartige) bzw. < 4 mg/l (Forellen und Barschartige) reagieren die Fische mit sichtbarer Unruhe, Nahrungsverweigerung, Masseverlusten und Notatmung. Sie sterben dann letztlich am Energiemangel (z.B. Karpfen < 0,5 mg/l O_2 ; Forellen < 1,5 mg/l O_2). Sauerstoffmangel kann aber auch die Folge von Störungen der inneren Atmungsprozesse durch kritische Wasserparameter (pH, CO_2 , NH_3 , HNO_2 , Schadstoffe) oder Kiemenschädigungen sein. Überlagern sich niedrige

Sauerstoffgehalte mit hohen pH-Werten und niedrigen Kohlendioxidkonzentrationen im Wasser, entsteht eine respiratorische Alkalose mit umfangreichen physiologischen Störungen, die durch hohe Sauerstoffkonzentrationen ausgeglichen werden kann. Umgekehrt können die Überlagerung hoher Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen bei niedrigen pH-Werten zur respiratorischen Azidose führen. Der Ausnutzungsgrad geringer O_2 -Gehalte wird durch optimale Kohlendioxidkonzentrationen an den Kiemen verbessert. Größere Fische sind mit den atmungsregulatorischen Vorgängen in der Lage, trotz ungünstiger Umweltbedingungen bei erhöhtem Energieverbrauch die Lebensvorgänge lange aufrechtzuerhalten. Die über die gesamte Körperoberfläche atmende Fischbrut vermag das nicht.

Temperatur

Fische sind poikilotherm, also wechselwarm. Ihre Körpertemperatur ist abhängig von der Temperatur des umgebenden Mediums. Mit der Temperatur steigt zudem der Energieumsatz, dieser wird aber auch von den Temperaturoptima

der Enzyme bestimmt, die artspezifische Charakteristika zeigen, so dass jede Fischart ihren optimalen Temperaturbereich besitzt. Für ein ausreichendes Wachstum und einen guten Gesundheitszustand müssen die Tiere in diesen jeweils optimalen Temperaturbereichen gehalten werden. Bei eingeschränkten oder kritischen Temperaturen verringern die Fische die Futtermittelaufnahme, verwerten die Futtermittel schlechter und reduzieren das Wachstum. Im unteren eingeschränkten und kritischen Temperaturbereich sinkt der Stoffwechsel der Fische derart, dass kein effektives Wachstum erreicht werden kann und die Gefahr von Virusinfektionen zunimmt. Werden Fische über längere Zeit im oberen eingeschränkten oder kritischen Temperaturbereich gehalten, kommt es zu Stressreaktionen und bakteriellen Infektionen.

Kritische Temperaturbereiche sind von der Akklimatisierungstemperatur abhängig. Nach längerer Haltung der Fische passt sich ihr Stoffwechsel an die vorherrschenden Temperaturen an. Schnelle Temperatursenkungen um mehr als 10 °C führen deshalb bei den warmadaptierten

Fischen (z. B. Karpfen, Welse, Aale) im Verlauf von ein bis zwei Wochen zu Kälteschäden mit Haut- und Darmschädigungen, Wassersucht sowie symptomlosen Todesfällen. Bei einer Temperatursenkung auf 3 bis 5 °C verenden die Fische meist rasch am Kälteschock infolge einer Lähmung des Atemzentrums. Die Störungen durch zu rasche Temperaturabsenkungen beruhen auf einer unzureichenden Anpassung der Enzyme, die sich nur langsam auf niedrige Wassertemperaturen einstellen können und zugleich die Temperaturtoleranzgrenzen der Fischarten bestimmen.

Zur Vermeidung derartiger Schädigungen sind bei der Umstellung der Fische von 10 bis 25 °C auf 2 bis 4 °C Anpassungszeiten von mindestens 23 bis 50 Tagen erforderlich. Es ist noch unklar, ob die Anpassung nach dieser Zeit völlig abgeschlossen ist (Abbildung 1).

An Temperaturerhöhungen können sich Fische dagegen unter hohem Energieverbrauch innerhalb von wenigen Stunden bis Tagen anpassen. So erfordert z. B. eine

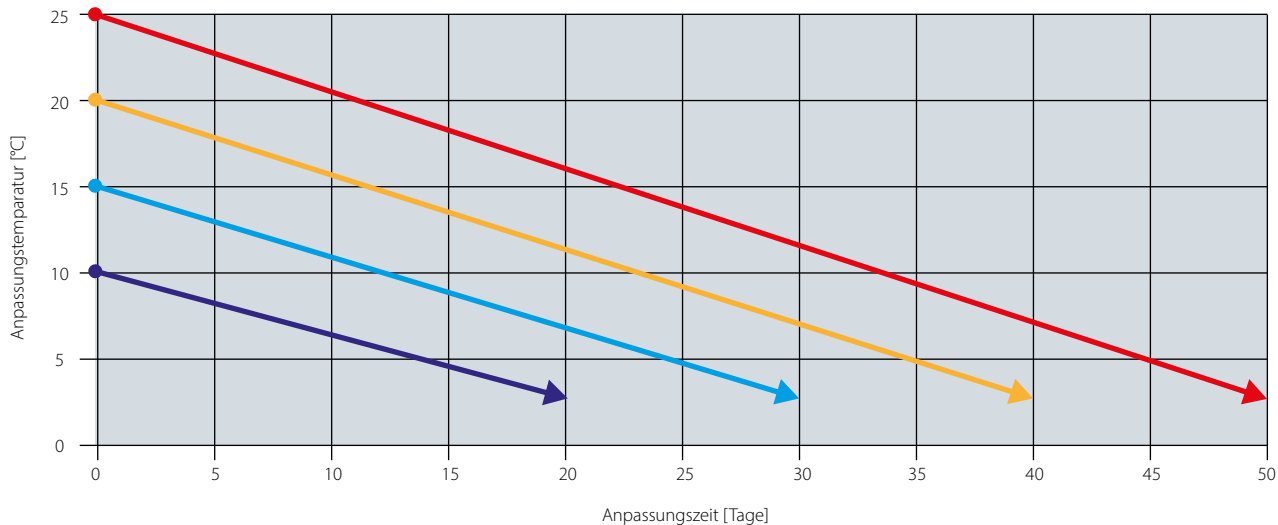


Abb. 1: Adaptationsdauer bei der Abkühlung warmadaptierter Fische von 10 bis 25 °C auf 2 bis 4 °C [7]

Temperaturerhöhung von 3 °C auf 20 °C innerhalb von vier Stunden bei Karpfen einen Verbrauch von bis zu 50 % ihres Körperfettes in den folgenden 14 Tagen. Derartige Temperaturwechsel werden daher nur in größeren Abständen toleriert. Sind keine ausreichenden Energiereerven für die Temperaturanpassung vorhanden, sterben die Fische am Energiemangel. Die Temperaturtoleranz wird somit entscheidend von der Kondition der Fische bestimmt. Außerdem können die temperaturabhängigen Veränderungen der Gassättigungen (Sauerstoff, Kohlendioxid, Stickstoff) sowie der giftigen Stickstoffverbindungen (Ammoniak, salpetrige Säure) die Fische beeinträchtigen oder schädigen.

Ernährung

Die Ernährung von Fischen ist sehr variabel und umfasst alle bekannten Einteilungen von herbivor über omnivor bis karnivor (Pflanzen-, Alles-, Fleischfresser). Neben der Gewährleistung optimaler Umweltbedingungen ist die vollwertige Ernährung der verschiedenen Fischarten von grundlegender Bedeutung für ihr Wachstum und ihre Gesunderhaltung in geschlossenen Systemen. Die verabreichten Futtermittel müssen deshalb alle lebensnotwendigen Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate, Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente in ausgewogenen Verhältnissen enthalten. Der Futtermittelindustrie ist es in den vergangenen Jahren gelungen, eine Vielzahl hochwertiger Trockenmischfuttermittel für die verschiedenen Fischarten herzustellen, die erfolgreich als Alleinfuttermittel angewandt werden können. Aminosäuren-, Fettsäuren-, Vitamin- und Mineralstoffmängel treten bei dem heutigen Entwicklungsstand der Trockenmischfuttermittel für Fische nur noch bei nicht artspezifisch adaptierten Futtermitteln auf. Die Beachtung der vorgeschriebenen Lagerzeiten und -bedingungen sowie der Fütterungsempfehlungen der Hersteller ist aber zur Vorbeugung gegen ernährungsbedingte Erkrankungen durch oxidierte Fette bzw. Über- und Unterernährung in geschlossenen Systemen wichtig.

Die Futterzusammensetzung sollte sich weitgehend der Nahrung der Art (z. B. Zooplankton, Zoobenthos, Beutefische) annähern. Erst unter Belastungen durch eingeschränkte oder kritische Umweltbedingungen oder beim Umsetzen kommt es bei unzureichend ernährten Fischen zu konditionellen und gesundheitlichen Problemen. Die für die verschiedenen Fischarten und Altersgruppen zur Verfügung stehenden Trockenmischfuttermittel weisen starke Unterschiede im Eiweiß- (20 – 60 %), Fett- (5 – 25 %) und Kohlenhydratgehalt (8 – 60 %) auf. Folglich unterscheiden sich auch ihre Bruttoenergiegehalte (16 – 27 MJ/kg), ihre Energie-Eiweiß-Verhältnisse (0,5 – 0,3 MJ verdauliche Energie/% Rohprotein) und Fett-Eiweiß-Verhältnisse (2,4 – 4,0) erheblich.

Artspezifische Anforderungen

Haltungsbedingungen müssen immer an die speziellen Bedürfnisse der zu haltenden Art angepasst werden und erschweren es, generelle Leitlinien über Artgrenzen hinweg abzuleiten. Ein Zebraäbbling hat andere Ansprüche an Haltung und Futter als ein Zander! Sobald suboptimale Bedingungen auftreten, werden Tiere zuerst ihr Verhalten ändern und erst später werden in der Regel morphologische Befunde sichtbar. Es ist demnach äußerst wichtig, sowohl das unter den gegebenen Haltungsbedingungen optimale „Normal“-Verhalten zu kennen, als auch die Abweichungen davon, und im besten Fall die spezifischen Gründe für diese Abweichungen.

Im Folgenden werden einige sehr allgemeine Norm-Verhaltensweisen und deren Änderungen bei suboptimaler Haltung angegeben.

Schwimmverhalten

Ein gesunder, nicht gestresster Fisch stellt seine unpaaren Flossen artspezifisch auf und schwimmt aktiv umher. Ausnahmen bilden versteckt lebende Arten wie Welse und einige Buntbarsche, die sich kaum bewegen und/oder nachtaktiv

sind. Nähert man sich dem Haltungsbehälter dicht an, so sollten gesunde Fische eine Fluchtreaktion zeigen und sich von der Reizquelle entfernen. Diese Flucht geht je nach Art in eine „Schockstarre“ über, in welcher der Fisch regungslos in einer Beckenecke oder einem Versteck verharrt. Einige Arten, vor allem Welse und andere Bodenbewohner, können aber auf simulierte Räuberattacken auch sofort mit einer Starre reagieren, sie vertrauen beim Angriff des Räubers auf ihre Tarnfärbung. Nach kurzer Zeit sollten gesunde, nicht gestresste Fische wieder ihre normale Aktivität zeigen. Als nicht normales Verhalten kann gelten, wenn Fische ihre unpaaren Flossen dicht an den Körper anlegen („Flossenklemmen“) und sonst aktive Fische nur regungslos in einer Ecke des Haltungsbeckens oder an der Oberfläche „hängen“. Auf ein „Erschrecken“ wird nicht reagiert. Diese Verhaltensänderungen können auf eine schlechte Wasserqualität, eine Krankheit oder sozialen Stress hinweisen.

Fressverhalten

Einer der wichtigsten Verhaltensindikatoren neben dem Schwimmverhalten ist das Fressverhalten. Ein gesunder, nicht gestresster Fisch nimmt bereitwillig und nach kurzer Zeit das ihm angebotene, artgerechte Futter auf. Sollte der Fisch nicht wie gewohnt auf die Futtergabe reagieren und das Futter auch nach einiger Zeit nicht anrühren, kann dies ebenfalls auf eine suboptimale Haltung hinweisen.

Zu beachten ist ebenfalls, dass Arten unterschiedliche Anforderungen an die Darreichung ihres Futters haben. Bodenlebende Arten werden kaum auf Futter reagieren, wenn dieses an der Wasseroberfläche schwimmt, umgekehrt meiden einige pelagische Arten Futter, das auf den Boden gesunken ist.

Kiemenbewegung und Atmung

Ein gesunder, nicht gestresster Fisch bewegt seine Kiemen gleichmäßig und in den meisten Fällen ohne das Maul dabei weit zu öffnen. Besonders bei hohen Nitrit-Werten und

Sauerstoffmangel zeigen Fische schnelle Kiemenbewegungen. Dies ist oft verbunden mit dem häufigen Öffnen und Schließen des Mauls („Luftschnappen“). In vielen Fällen wird dieses Verhalten direkt unter der Oberfläche gezeigt („Oberflächenatmung“), dort wo der Sauerstoffgehalt des Wassers durch den ständigen Gasaustausch noch am höchsten ist. Ist dieses Verhalten zu beobachten, sind umgehend Gegenmaßnahmen (Belüftung, Wasserwechsel) einzuleiten. Erst danach sollte man mit der Ursachenforschung für die schlechten Wasserwerte beginnen.

Aggression

Aggressives Konkurrenzverhalten ist für die Haltung von Fischen auf engem Raum eine nicht zu unterschätzende Hürde. Territoriale Arten besetzen ein Revier und verteidigen dieses gegen Eindringlinge aggressiv. Oft werden Eindringlinge solange, auch außerhalb des Reviers, verfolgt, bis sie außer Sichtweite sind. Durch die endliche Größe der Haltungseinrichtung kann es deshalb passieren, dass unterlegene Tiere permanent gejagt werden. Dies bedeutet eine Stresssituation für beide, den Jäger und den Gejagten. Um das Konkurrenzverhalten zu minimieren, gibt es mehrere Möglichkeiten. Zum einen sollten Fische nur in Haltungseinrichtungen, die ihrer Größe entsprechen, gehalten werden. Diese sollten bei aggressiven Arten auch mit Versteckmöglichkeiten ausgestattet sein, um Rückzugsorte für unterlegene Individuen zu schaffen. Zum anderen sollten gruppenbildende Arten auch in Gruppen gehalten werden. Selbst Guppy-Weibchen, gemeinhin als wenig aggressiv beschrieben, werden aggressiv gegeneinander, wenn man sie paarweise hält. Bei Arten, die nur während der Laichzeit territorial sind, kann eine Haltung bei hoher Individuendichte das Territorialverhalten praktisch komplett unterbinden und damit das Stressniveau der Tiere deutlich absenken. Dies ist zum Beispiel bei Forellen und Tilapia der Fall und wird in der Aquakultur genutzt.

Ausgestaltung der Haltungsbedingungen

Das Auffinden geeigneter Lebensräume ist für Fische extrem wichtig, sei es um Futter zu finden, Räuber zu vermeiden oder

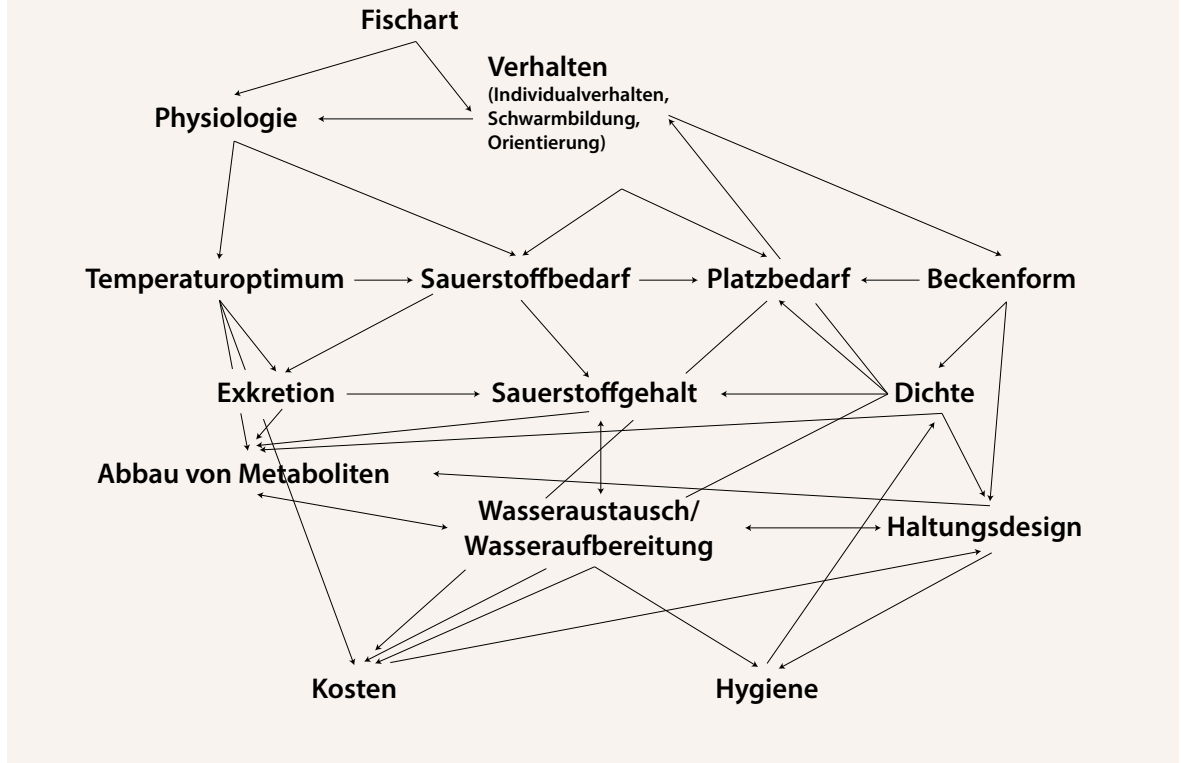


Abb. 2: Interaktion der Anforderungen von Fischen an die Haltung und Wechselwirkungen der Haltungsbedingungen

sich fortzupflanzen. Fische bewegen sich in ihrem Lebensraum schwimmend, doch gibt es große Unterschiede zwischen den Arten im Schwimmverhalten. So gibt es Arten, die ausdauernd im offenen Wasser schwimmen, während andere Arten temporäre Ruhephasen einlegen oder sich durch spezielle Flossen oder Mäuler am Substrat anheften. Auch unterscheiden sich Fischarten bezüglich des präferierten Bereiches der Wassersäule in dem sie sich aufhalten. Fische, die sich im Schwarm bewegen, unterscheiden sich in ihren Anforderungen an die Haltung von Tieren, die sich ohne erkennbare Reaktion auf ihre Artgenossen bewegen.

Fazit

Die Anpassung der Haltungsbedingungen an die Anforderungen der Tiere kann komplexe Lösungen erfordern, um für die jeweilige Lebensphase optimale Situationen zu schaffen. Diese setzen das Wissen um das Verhalten in natürlicher Umgebung sowie die Kenntnis der Toleranzbereiche voraus. Die Abbildung 2 illustriert die Interaktion der Einflussfaktoren und die Entscheidungswege zu einer angepassten Haltung. Eine weitgehende Anpassung der Haltungsbedingungen an das artspezifische Optimum wird durch vitale, gut konditionierte Fische belohnt.

Weiterführende Literatur

1. Albrecht ML (1974): Untersuchungen zur Kälteadaptation von Warmwasserkarpfen (*Cyprinus carpio* L.). Z. Binnenfischerei DDR 21: 103-114
2. Hamers R, Schreckenbach K (2002) Stress bei Fischen. AUF - Aquakultur- und Fischereinformationen, Rundbrief der Fischereibehörden, des Fischgesundheitsdienstes und der Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg 2002 Bd. 2 Nr. S. 5 – 9
3. Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere, Anhang III Anforderungen an Einrichtungen sowie Pflege und Unterbringung von Tieren, Teil B: Artspezifischer Teil, 11. Fische
4. Schäperclaus W (1990): Fischkrankheiten, 5. Aufl., Akademie Verlag Berlin
5. Schreckenbach K et al. (1987): Normen, Technologien und Richtwerte der Fischproduktion. Institut für Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen
6. Schreckenbach K (1998): Gewährleistung einer guten Kondition und Gesundheit von Nutz- und Zierfischen durch artgerechte Umwelt und Ernährung. 3. VDA-Süßwasser-Symposium 7/8. :61-77
7. Schreckenbach K (2010): Gesundheit und Hygiene – Basis für Wachstum. In: Schmidt-Puckhaber u.a.: Fisch vom Hof?! Fischerzeugung in standortunabhängigen Kreislaufanlagen. DLG-Verlags-GmbH : 87-116
8. Spangenberg R, Schreckenbach K (1984): Die Ursache der Dreherkrankung des Karpfens (*Cyprinus carpio*). Fortsch. Fisch. Wiss. 3: 23-46

In folgenden Kursen können Sie von Dr. Jörn Geßner noch mehr über die Standardisierung der Haltungsbedingungen von Fischen lernen:

Versuchstierkunde-Basiskurs Fisch

BK-K22-04

21. – 23. Februar 2022

BK-K22-05

26. – 28. September 2022

Weitere Informationen und die Möglichkeit zur Anmeldung finden Sie unter:
www.berliner-kompaktkurse.de



Dr. Jörn Geßner

Studium der Biologie an der Universität Hamburg

Diplom (MSc) in Biologie, Spezialisierung in Fischereiwissenschaften, Zoologie und Mikrobiologie

Promotion Dr. rer. agr. an der Humboldt Universität zu Berlin

Senior Scientist am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

Mitbegründer der Gesellschaft zur Rettung des Störs e.V. sowie der World Sturgeon Conservation Society