

RESEARCH

Beate Adam · Maren Schürmann  
Ulrich Schwevers

# Zum Umgang mit aquatischen Organismen

Versuchstierkundliche Grundlagen



Springer Spektrum

---

# Zum Umgang mit aquatischen Organismen

---

Beate Adam • Maren Schürmann  
Ulrich Schwevers

# Zum Umgang mit aquatischen Organismen

Versuchstierkundliche Grundlagen

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Kurt Schreckenbach

Unter Mitarbeit von Stefan Gischkat und Vanessa Burmester

 Springer Spektrum

Beate Adam  
Kirtorf-Gleimenhain, Deutschland

Ulrich Schwevers  
Kirtorf-Gleimenhain, Deutschland

Maren Schürmann  
Lehrstuhl für Tierschutz und Ethologie  
Universität Gießen  
Gießen, Deutschland

ISBN 978-3-658-01537-4  
DOI 10.1007/978-3-658-01538-1

ISBN 978-3-658-01538-1 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.  
[www.springer-spektrum.de](http://www.springer-spektrum.de)

## Geleitwort

Mit § 20a des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland schützt der Staat „[...] auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsgemäßen Ordnung durch die Gesetzgebung [...]“. Dieser ethische und rechtliche Grundsatz wird durch das Tierschutzgesetz präzisiert, wonach „[...] aus der Verantwortung des Menschen für das Tiere als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen ist.“ Infolgedessen darf niemand einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden und Schäden zufügen. Dies wird in der Labor- und Feldforschung beim Umgang mit höheren Wirbeltieren seit Jahren weitgehend umgesetzt. Hingegen besteht bei tierversuchsrelevanten Vorhaben mit und an aquatischen Organismen, insbesondere zehnfüßigen Krebsen, Neunaugen und Fischen Nachholbedarf. Mit Inkrafttreten der Europäischen Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere ergeben sich wichtige Änderungen und Verbesserungen, wobei die adäquate Sachkunde der versuchsdurchführenden Personen einen Schwerpunkt bildet. Während hinsichtlich des Einsatzes landlebender Versuchstiere bereits seit langem entsprechende Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten insbesondere für Veterinärmediziner angeboten werden, fehlten im deutschsprachigen Raum bislang spezielle versuchstierkundliche Kurse zum Erwerb der gesetzlich geforderten Zertifizierung für den tierschutzgerechten Umgang mit aquatischen Organismen.

Das vorliegende Sachbuch soll dazu beitragen, diese Lücke zu schließen und eine Basis für das, sicherlich auch aus Sicht der aquatischen Organismen berechnete Anliegen zu schaffen, Belastungen und Schäden zu minimieren oder besser noch gänzlich zu vermeiden. Vor diesem Hintergrund werden Grundlagen für den praktischen Umgang mit aquatischen Organismen behandelt und bereits verfügbare Empfehlungen u. a. von der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e. V. (TVT), der Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS) und der Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) präzisiert und ergänzt. Die Ausführungen fußen auf umfangreichen Erkenntnissen und

Erfahrungen der Autoren, die sie in einer Vielzahl von Forschungsprojekten über und mit lebenden aquatischen Organismen gewonnen haben. Im Aufbau folgt das Buch den Anforderungen an versuchstierkundliche Kurse zum Umgang mit klassischen Labortierarten und knüpft somit inhaltlich an bewährtes Fachwissen an.

Aufgrund der übersichtlichen Gliederung, seiner prägnanten Beschreibungen sowie zahlreichen Abbildungen und Tabellen gibt das Buch eine konzentrierte Einführung in die Biologie, das Verhalten und den tierschutzgerechten Umgang mit aquatischen Tieren. Darüber hinaus ist es ein Nachschlagewerk über die in der Fischerei- und Gewässerökologie gebräuchlichsten Methoden, die tierschutzrechtlich relevante Eingriffe erfordern. Der Inhalt des Buches liefert alle wichtigen Grundlagen für Lehrveranstaltungen zum Erwerb der gesetzlich geforderten Zertifikate zur Versuchstierkunde in Hinblick auf zehnfüßige Krebse, Neunaugen und Fische.

Da es bei einem Erstlingswerk über ein derart komplexes Fachgebiet unvermeidlich ist, dass Aspekte offen bleiben, seien alle Leser aufgefordert, mit ihren Vorschlägen die Inhalte zu vervollständigen und damit zur Optimierung künftiger Auflagen des vorliegenden Buches beizutragen.

Berlin

Kurt Schreckenbach

# Inhaltsverzeichnis

**Geleitwort..... V**

**Inhaltsverzeichnis ..... VII**

**1 Einleitung .....1**

**2 Tierversuche mit aquatischen Organismen .....5**

2.1 Genetik.....6

2.2 Ökotoxikologie .....9

2.3 Verhaltensbiologie und Sinnesphysiologie .....11

2.4 Fischereibiologie, Fisch- und Gewässerökologie .....16

**3 Genehmigungsweg eines Tierversuchs .....21**

3.1 Genehmigung des Versuchsvorhabens.....21

3.2 Genehmigung der Hälterung aquatischer Organismen .....24

**4 Morphologie und Anatomie aquatischer Tiere .....25**

4.1 Krebse.....25

4.2 Neunaugen .....29

4.3 Fische.....33

**5 Beschaffung und Transport von Versuchstieren .....41**

5.1 Beschaffung von Zuchttieren .....41

5.1.1 Tiere aus Teichwirtschaft und Aquakultur .....41

5.1.2 Genetisch veränderte Fische.....43

5.2 Fang von Wildtieren .....44

5.2.1 Fang mit Geräten der Berufsfischerei.....44

5.2.2 Fang in Fischaufstiegsanlagen .....45

5.2.3 Elektrofischerei .....47

5.3 Transport.....50

5.3.1 Krebse .....50

5.3.2 Neunaugen und Fische .....50

5.4 Akklimatisierung.....54

<b>6</b>	<b>Hälterung</b> .....	<b>57</b>
6.1	Hälteranlagen für Genetik und Ökotoxikologie .....	57
6.1.1	Infrastruktur .....	57
6.1.2	Wasserqualität .....	57
6.1.3	Fütterung.....	59
6.1.4	Hygiene .....	59
6.1.5	Fischgesundheit.....	59
6.2	Hälteranlagen für Verhaltensbiologie und Fischökologie.....	60
6.2.1	Infrastruktur .....	60
6.2.2	Besonderheiten bei Krebsen.....	65
6.2.3	Wasserqualität .....	66
6.2.3.1	Wassertemperatur .....	68
6.2.3.2	pH-Wert .....	69
6.2.3.3	Sauerstoff .....	71
6.2.4	Fütterung.....	73
6.2.5	Hygiene .....	74
6.2.6	Fischgesundheit.....	75
6.2.6.1	Saprolegniose.....	77
6.2.6.2	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> .....	77
6.2.6.3	<i>Glugea anomala</i> .....	79
6.2.6.4	Infektiöse Bauchwassersucht.....	79
6.2.7	Kontrolle und Wartung der Hälterung .....	80
<b>7</b>	<b>Narkose</b> .....	<b>81</b>
7.1	Phasen der Narkose .....	82
7.2	Narkosemittel .....	85
7.2.1	Ethylenglycolmonophenylether (2-Phenoxyethanol) .....	87
7.2.2	Tricain (MS 222®).....	87
7.2.3	Eugenol (Nelkenöl) .....	89
7.2.4	Alka-Seltzer® .....	91
7.2.5	Elektrosedation .....	91
7.2.6	Eiswasser .....	92
7.3	Vorgehen bei der Narkose .....	93
<b>8</b>	<b>Operationstisch für Neunaugen und Fische</b> .....	<b>97</b>
8.1	Arten mit typischer Fischmorphologie .....	97
8.2	Schlangenförmige Arten.....	99



<b>9</b>	<b>Entnahme von Proben vom lebenden Tier .....</b>	<b>101</b>
9.1	Schuppen .....	101
9.2	Gewebe .....	103
9.3	Blut .....	105
9.4	Geschlechtsprodukte .....	107
<b>10</b>	<b>Markierung .....</b>	<b>109</b>
10.1	Externe Markierungen .....	111
10.1.1	Flossenschnitt .....	112
10.1.2	Brandmarken .....	115
10.1.3	Farbmarkierungen .....	116
10.1.4	Externe Erkennungsmarken .....	121
10.1.5	HI-Z Turb´N Tags® .....	125
10.2	Interne Markierungen .....	126
10.2.1	Visible Implant Tag (VIP-Tag) .....	130
10.2.2	Coded Wire Tag (CW-Tag) .....	131
10.2.3	Transponder .....	132
10.2.3.1	Kleiner PIT-Tag .....	134
10.2.3.2	Großer PIT-Tag .....	139
10.2.3.3	NEDAP Trial® Transponder .....	143
10.2.4	Telemetrie .....	145
<b>11</b>	<b>Verschluss von Schnitten und Wunden .....</b>	<b>161</b>
11.1	Nadel und Faden .....	161
11.2	Knoten- und Nahttechnik .....	164
<b>12</b>	<b>Tötung aquatischer Organismen .....</b>	<b>169</b>
12.1	Tötung von Krebsen .....	169
12.2	Tötung von Neunaugen und Fischen .....	170
<b>13</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>175</b>
<b>14</b>	<b>Glossar .....</b>	<b>183</b>
<b>15</b>	<b>Wissenschaftliche Artnamen .....</b>	<b>185</b>
<b>16</b>	<b>Abbildungsnachweis .....</b>	<b>187</b>

# 1 Einleitung

Während die meisten Gesetze in Deutschland das Zusammenleben der Menschen untereinander regeln, schreibt das Tierschutzgesetz in Form von Geboten und Verboten vor, wie der Mensch Tiere zu halten hat und wie er mit ihnen umgehen soll. § 1 des Tierschutzgesetzes stellt dabei deutlich klar, dass *„aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen ist“* (TierSchG 2010). In Folge dessen darf niemand einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen. In diesem Zusammenhang nehmen Versuchstiere eine besondere Position ein, da man bei ihnen unter bestimmten Voraussetzungen und zu den in § 7 TierSchG genannten Zwecken Eingriffe oder Behandlungen durchführen darf, die mit Beeinträchtigungen, Verletzungen oder dem Tod der Tiere verbunden sein können. Im Falle von Wirbeltieren, also auch Fischen und Neunaugen, unterliegen Tierversuche der Genehmigungspflicht gemäß § 8 TierSchG. Tierversuche an Cephalopoden (Kopffüßlern = Tintenfischen) und Dekapoden (zehnfüßigen Krebsen) unterliegen zwar nicht der Genehmigungspflicht, müssen jedoch bei der zuständigen Behörde angezeigt werden. In der Forschung hat man schon lange erkannt, dass im Sinne der „guten wissenschaftlichen Praxis“ über die gesetzliche Verpflichtung hinaus auch eine ethische und wissenschaftliche Verantwortung des Menschen gegenüber den ihm anvertrauten Versuchstieren besteht.

Da Tiere andere Bedürfnisse und Verhaltensweisen haben als der Mensch, ist ein erster wichtiger Schritt, sich dessen bewusst zu werden und sich für die jeweiligen Tierarten spezielles Wissen in Bezug auf Verhalten, Biologie und Krankheiten anzueignen. Erst dadurch wird man in die Lage versetzt, Schmerzen, Leiden oder Schäden bei den unterschiedlichen Tierarten zu erkennen und zu verhindern oder zu minimieren. Deshalb fordert der Gesetzgeber in § 9 TierSchG, dass *„Tierversuche nur von Personen durchgeführt werden, die die dafür erforderlichen Fachkenntnisse haben.“* Um dem nachkommen zu können, werden versuchstierkundliche Kurse für die am häufigsten verwendeten Labortierarten wie

Maus, Ratte und Kaninchen angeboten, wobei derzeit zwischen Kursen für Versuchsleiter und durchführende Personen unterschieden wird. Kurse, deren Inhalte sich nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS) richten, können von dieser Organisation zertifiziert werden und werden bundesweit als Sachkundenachweis anerkannt. Auf europäischer Ebene akkreditiert die Federation of European Laboratory Animal Science Association (FELASA) versuchstierkundliche Kurse, die dann auch in anderen EU-Mitgliedsstaaten Gültigkeit haben. Einige Institutionen und Universitäten bieten zwar interne Fortbildungsmaßnahmen mit ähnlichen Kursinhalten an, allerdings werden solche nicht zertifizierten Kurse meist nur von den regionalen Behörden, nicht aber in angrenzenden Bundesländern oder gar im Ausland als Sachkundenachweis akzeptiert.

Gemäß der Tierversuchsstatistik aus dem Jahr 2011 (BMELV 2012) handelt es sich bei knapp 200.000 der ca. 2,91 Millionen jährlich in Deutschland verwendeten Versuchstiere um Fische. Aquatische Organismen, von denen bislang nur die Fische statistisch erfasst werden, spielen bei Tierexperimenten somit bereits eine große Rolle und insbesondere im Bereich der Forschung mit Zebrafischarten muss in den nächsten Jahren mit einem weiter steigenden Bedarf gerechnet werden. Ungeachtet dessen ist es aber in Deutschland derzeit kaum möglich, eine Qualifizierung für den Umgang speziell mit aquatischen Organismen zu erlangen. Insbesondere FELASA-akkreditierte oder GV-SOLAS-zertifizierte Kurse werden bislang nicht angeboten. Hierin wird ein allenthalben laxer Umgang mit aquatischen Tieren deutlich, der auf verschiedene Gründe zurückzuführen ist. Zum einen besteht häufig Unkenntnis über tierschutzrechtliche Bestimmungen sowie vor allem die Verpflichtung, sie tatsächlich auch anzuwenden bzw. umzusetzen. Zum anderen werden gerade Krebstiere und Fische primär als Nahrungsmittel betrachtet. Dadurch wird den nassen oder gar schleimbehafteten, „schweigsamen“ Lebewesen ein geringes emotionales Interesse entgegen gebracht; nicht selten wird ihnen gar ein Schmerzempfinden völlig abgesprochen.

Nach § 9 des TierSchG darf nur ein bestimmter Personenkreis Tierversuche, resp. Eingriffe im Geltungsbereich des Gesetzes durchführen, wobei dieser Personenkreis für operative Eingriffe sogar noch enger definiert ist. Die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetzes“ (TierSchVwV 2000) beschreibt die erforderlichen Qualifikationen genauer, indem allein der Nachweis einer Ausbildung

oder eines abgeschlossenen Hochschulstudiums nicht ausreichend ist, sondern zusätzliche Kenntnisse beispielsweise durch Teilnahme an versuchstierkundlichen Kursen nachgewiesen werden müssen. Mangels spezifischer Lehrveranstaltungen für aquatische Organismen ist es allerdings bislang nahezu unmöglich, diese gesetzlich geforderten Zertifikate für diese Tiergruppe zu erwerben. In Konsequenz aus dieser Situation bestehen bei Tierversuchen mit Fischen, Neunaugen und auch Krebsen sowie in der fischereibiologischen und gewässerökologischen Forschung große Probleme darin, legitimes Personal zu finden oder ausbilden zu lassen.

Diese Situation wird sich weiter verschärfen, denn der Tierschutz in Europa unterliegt derzeit einem tief greifenden Wandel. Mit Inkrafttreten der EU-Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere am 09. November 2010 (EUROPÄISCHES PARLAMENT & RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 2010) haben sich für den versuchstierkundlichen Bereich in allen 27 Mitgliedsstaaten wichtige Änderungen zur Verbesserung des Schutzes von Versuchstieren ergeben, z. B. die Nachweispflicht einer adäquaten Sachkunde. Bei tierschutzrechtlich relevanten Untersuchungen mit bzw. Eingriffen an aquatischen Organismen wird es deshalb künftig kaum noch legitimierbar sein, Personal einzusetzen, das nicht speziell im Umgang mit aquatischen Tieren geschult ist oder die benötigte Sachkunde nicht nachweisen kann.

Einen Weg aus diesem Dilemma weist uns Johann Wolfgang von Goethe mit folgendem Zitat aus „Wilhelm Meisters Wanderjahre“:

„Es ist nicht genug, zu wissen, man muss auch anwenden;  
es ist nicht genug, zu wollen, man muss auch tun.“

Vor diesem Hintergrund wird an der Justus-Liebig Universität in Gießen im Jahr 2013 erstmalig ein Kurs zum tierschutzgerechten Umgang mit aquatischen Organismen in Theorie und Praxis zum Erwerb eines Sachkundenachweises angeboten. Das vorliegende Buch bildet eine Grundlage für diese Fortbildung und ergänzt bereits verfügbare Empfehlungen (TVT 2009). Die Inhalte des Buches folgen im Aufbau den Manuskripten für versuchstierkundliche Kurse gemäß den Empfehlungen der FELASA und der GV-SOLAS, die sich mit klassischen Labortierarten befassen. Das Buch ist darüber hinaus auch als Nachschlagewerk über die vor

allem in der Fischereibiologie und Gewässerökologie gebräuchlichsten, tierschutzrechtlich relevanten Methoden gedacht. Hierbei beschränken sich die Ausführungen allerdings auf im Süßwasser lebende Fische, Neunaugen und zehnfüßige Krebse. Letztere werden im Folgenden kurz als Krebse bezeichnet. Informationen über weitere, vom Gesetzgeber genannte aquatische Organismen wie Cephalopoden, finden sich u. a. bei LEWBART (2011).

## 2 Tierversuche mit aquatischen Organismen

Gemäß der Intention des Tierschutzgesetzes sind grundsätzlich alle Vorhaben mit und an Krebsen, Neunaugen und Fischen auf ihre tierschutzrechtliche Bedeutung hin zu überprüfen. Als Tierversuche gelten nach § 7 TierSchG (2010) alle Eingriffe und Behandlungen zu Versuchszwecken, die Schmerzen, Leiden oder Schäden verursachen können. Daneben unterliegen auch die Zucht und Hälterung von Tieren zu wissenschaftlichen Zwecken nach § 11 Abs. 1 Nr. 1 den Bestimmungen des Tierschutzgesetzes. Der Gesetzgeber unterscheidet aktuell zwischen genehmigungs- und anzeigepflichtigen Tierversuchen. Danach sind gemäß § 8 alle Eingriffe an Wirbeltieren genehmigungspflichtig, während Arbeiten an und mit Wirbellosen wie Krebsen der zuständigen Genehmigungsbehörde bislang nur angezeigt werden müssen. Mit dem Beschluss der Europäischen Richtlinie zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere (EUROPÄISCHES PARLAMENT & RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 2010) sind allerdings im Rahmen der nationalen Umsetzung in naher Zukunft Veränderungen des deutschen Tierschutzgesetzes sowie die Verabschiedung einer Tierschutz-Versuchstierverordnung zu erwarten. Eine besondere Bedeutung im europäischen Recht nimmt dann auch der Sachkundenachweis für Personen ein, die mit Versuchstieren im Experiment und in der Haltung umgehen. Auch werden künftig Züchter, Lieferanten und Verwender von Versuchstieren über eine spezielle behördliche Zulassung verfügen müssen.

Neu ist auch die Forderung nach einer konsequenten Umsetzung des so genannten „3 R-Konzepts“. Dieses beinhaltet:

- Refinement, d. h. Verbesserung tierexperimenteller Methoden mit dem Ziel, die Belastungen für die Versuchstiere zu verringern oder gänzlich zu vermeiden,
- Reduction, d. h. Ersatz von Tierversuchen durch Verfahren, die ohne Versuchstiere auskommen und
- Replacement, d. h. Optimierung tierexperimenteller Verfahren zwecks Verringerung der Anzahl der benötigten Versuchstiere.

Tierversuche an aquatischen Organismen konzentrieren sich auf bestimmte tiermedizinische, pharmazeutische und biologische Disziplinen, die nachfolgend dargestellt werden (Kap. 2.1 bis 2.5). Die klassische naturwissenschaftlich-biologische Grundlagenforschung beispielsweise an anatomischen oder physiologischen Instituten ist demgegenüber von nachrangiger Bedeutung.

## 2.1 Genetik

Für die biologischen Forschungsgebiete der Entwicklungsbiologie und Genetik sind Versuchstiere als Modellorganismen unverzichtbar. Vor allem in der medizinisch-pharmazeutisch ausgerichteten Molekulargenetik werden Versuchstiere in großem Umfang zur Erforschung des Einflusses und der Bedeutung der genetischen Erbinformation auf phänotypische Ausprägungen sowie nicht sichtbare physiologische Eigenschaften eingesetzt. Auch die Ursache und Diagnose von Erbkrankheiten sowie ihre Behandlung werden in diesem Kontext erforscht.

Damit Versuchstiere diesen Forschungszielen gerecht werden, müssen sie spezielle Anforderungen erfüllen, die eine Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse auf andere Organismengruppen, insbesondere auf den Menschen erlauben. So brachten zwar die Untersuchungen an Hunderten mutanten Linien der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* oder des Nematoden *Caenorhabditis elegans* wichtige grundsätzliche Einblicke in genetische Mechanismen, doch ist die Übertragung dieser Ergebnisse auf Wirbeltiere und damit auch auf den Menschen letztlich nicht möglich. Vielmehr hat sich gezeigt, dass sich entwicklungsbiologische und auch genetische Prozesse bei Wirbeltieren nur an Wirbeltieren selbst studieren lassen, die bezüglich Bauplan und Eigenschaften vergleichbar sind. Dazu zählt eine Chorda dorsalis als embryonal-larvale oder zeitlebens vorhandene Zentralstruktur des Achsenskeletts, ein ektodermales Neuralrohr, ein Kiemendarm sowie ein geschlossenes Blutgefäßsystem mit Herz, Leber und Bauchspeicheldrüse. Daneben wird ein Modellorganismus benötigt, der eine methodisch möglichst einfache Veränderung seines Erbgutes (Mutagenese) erlaubt, d. h. genetisch manipulierbar ist. Die daraus resultierenden Mutanten dienen in der Forschung als so genannte genetische Marker und lassen aus der Veränderung von

Physiologie, Verhalten und Entwicklung Rückschlüsse auf die Wirkweise und Bedeutung bestimmter Gene zu.

Allein auf Grund der Vielzahl der Gene, über die ein Organismus verfügt, sowie der Unzahl von unzähligen möglichen Wirkungen und Wechselwirkungen, ergibt sich ein enormer Bedarf an Versuchstieren, um allein einzelne Fragestellungen untersuchen zu können. Deshalb sind der Raum- und Zeitbedarf für die Haltung und Entwicklung der Tiere von zentraler Bedeutung für die Eignung einer Art als Versuchstier.

Zunehmend werden Fische als Modellorganismen eingesetzt, weil sie eine große Anzahl von Nachkommen haben und die Embryonalentwicklung vollständig außerhalb des Mutterleibes stattfindet. Besonders geeignet sind kleinwüchsige Arten mit einem sehr kurzen Generationswechsel, da sie nur einen geringen Platzbedarf haben, so dass der Aufwand für Hälterung und Pflege im Vergleich zu Kleinsäugetern wie der Maus bedeutend geringer ist. Weil er alle diese Anforderungen in optimaler Weise erfüllt, avancierte in der vergangenen Dekade der oft auch als Zebrafisch bezeichnete Zebraquariabläuling (Abb. 1) neben bzw. anstelle der Dickköpfigen Elritze, der Regenbogenforelle und der Orfe mit ihrer als Goldorfe bezeichneten Farbvarietät, zum meist eingesetzten aquatischen Versuchstier in Europa.



**Abbildung 1:** Zebraquariabläuling, männlich



Die maximal 5 Zentimeter langen Zebrabärblinge sind Schwarmfische, wobei die äußerlich deutlich von den Männchen unterscheidbaren Weibchen bereits 100 bis 120 Tage nach dem Schlupf die Geschlechtsreife erlangen und im Abstand von drei bis fünf Tagen bis zu 300 Eier ablaien können. Als besonders vorteilhaft erweist sich beim Zebrabärbling, dass sich die Eier dieser Art innerhalb von drei bis vier Tagen zur schlupffreien Fischlarve entwickeln, und dass die Ontogenese des Embryos aufgrund der transparenten Eihülle direkt in einer Petrischale unter dem Mikroskop verfolgt werden kann. Die Embryonen sind so groß, dass einzelne Zellen und ganze Zellverbände entnommen und transplantiert werden können. Forschungen über die embryonale Entwicklung sind im Falle des Zebrabärblings folglich wesentlich einfacher durchzuführen, als beispielsweise an Mäusen, bei denen für vergleichbare Untersuchungen zu verschiedenen Zeitpunkten Muttertiere mit ihren Embryonen getötet werden müssten. Somit bietet der Einsatz des Zebrabärblings auch unter den Gesichtspunkten des Tierschutzes Vorteile.

Die herausragende Bedeutung des Zebrabärblings in der Entwicklungsbiologie und Genetik belegt das seit 2010 laufende Projekt „ZF-Health - Zebra fish Regulomics for Human Health“ der Europäischen Kommission unter Koordination des Karlsruher Instituts für Technologie ([www.zf-health.org](http://www.zf-health.org)). Ziel dieses Gemeinschaftsprojekts ist es, mit an diesem Modellorganismus gewonnenen Erkenntnissen über die Entwicklung der Wirbeltiere einen biomedizinischen Fortschritt im Bereich humaner Erbkrankheiten zu erzielen. So erhoffen sich Demenzforscher beispielsweise neue Erkenntnisse oder Behandlungsmethoden für neuronale Erkrankungen, da der Zebrabärbling eine besondere Fähigkeit zur Regeneration gestörter oder defekter Nerven besitzt. Im Bereich der Krebsforschung wird zudem das Streuverhalten von Krebszellen intensiv untersucht. Dabei hilft vor allem eine spezielle Form des Zebrabärblings, die durch Kreuzung zweier genetisch veränderter Stämme die Pigmentierung verloren hat, so dass eine direkte Beobachtung des Zellwachstums am lebenden Organismus möglich ist.

## 2.2 Ökotoxikologie

In der Ökotoxikologie werden die Wechselwirkungen zwischen Chemikalien, vor allem anthropogen hergestellten Schadstoffen (Xenobiotika), aber auch natürlichen Toxinen mit der belebten Umwelt untersucht. Ziel dabei ist es, an Modellorganismen die Wirkung sowie die Wirkkonzentrationen dieser Stoffe zu ermitteln (GUNKEL 1994). Auf diesem Forschungsgebiet werden Versuchstiere seit langem in normierten Toxizitätstests eingesetzt um die physikalisch-chemischen Eigenschaften einer Substanz, ihre Akkumulation und ihren Abbau zu untersuchen sowie die Effekte auf biologische Systeme, insbesondere die menschliche Gesundheit zu prüfen. Hinsichtlich der Wirkkonzentrationen von Substanzen geben einschlägige Richtlinien rechtsverbindliche Grenzwerte an, nach denen die Toxizität klassifiziert wird (OECD 1981). Unterdessen hat die Europäische Union diese Richtlinien aufgenommen und zum Schutz von Mensch und Umwelt eine weitreichende Chemikalienverordnung unter der Bezeichnung REACH (= Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) erlassen (EUROPÄISCHE UNION 2007). Dieses Mantelgesetz basiert auf dem Grundsatz der Eigenverantwortung von Herstellern, Händlern und Transporteuren, die gemäß dem Vorsorgeprinzip die Beurteilung des Umweltrisikos resp. der Umweltverträglichkeit von neuen Substanzen und herkömmlichen Chemikalien selber vorlegen müssen. Dieser Prüfungsauftrag umfasst auch Altstoffe, die mehr als 99 % der bisher in die Umwelt gelangten Substanzen ausmachen. Als EU-Verordnung ist die Mantelverordnung in den Mitgliedstaaten wie auch in Deutschland unmittelbar geltendes Recht, muss allerdings noch in den nationalen Gesetzen wie dem Abwasserabgabengesetz verankert werden. Gemäß REACH ist eine valide Beurteilung des ökotoxikologischen Wirkpotenzials einer Chemikalie oder von Umweltproben nunmehr durch Kombination verschiedener, standardisierter und nach DIN-Vorschriften genormter Testverfahren auf biochemischer bzw. molekularbiologischer Ebene sowie anhand ausgewählter Testorganismen möglich. Hierbei kommen Toxizitätstests mit Wasserflöhen (Daphnien) und vor allem mit Zebrafärblingen zum Einsatz, um das Ausbreitungs-, Akkumulations- und Abbauverhalten chemischer Substanzen zu ermitteln. Auch die Bewertung des toxischen Potenzials einer Substanz in Gewässern, z. B. zur Festlegung der Wassergefährdungsklasse erfolgt auf der Basis solcher Toxizitätstests:

- Als eines der ersten Testverfahren für Xenobiotika wurde die akute Fischtoxizität anhand der tödlichen Wirkung einer Testsubstanz auf Jungfische bestimmt. Als Maß für die akute Toxizität galt der LD<sub>50</sub>-Wert: Dieser entspricht der Konzentration einer Chemikalie im Wasser nach einmaliger bzw. kurzzeitiger Verabreichung, bei der innerhalb eines bestimmten Zeitraums 50 % der Versuchsfische sterben.
- Chronische Wirkweisen von Chemikalien auf Fische werden mit dem umfassenderen Life Cycle Test (kurz: LCT) getestet, bei dem die Wirkung einer chemischen Substanz über zumindest eine Generation des Testorganismus untersucht wird. Der LCT betrachtet dabei vor allem die Fertilität der Elterntiere, deren Fortpflanzungserfolg sowie die Qualität der Nachkommen (OECD 1992).
- Zur Minimierung des Verbrauchs von Fischen, wird zunehmend der Zebraabräbling-Embryotest eingesetzt. Dieser Fish Early Life Stage Test (kurz: FELS) ermöglicht die Bestimmung von schädlichen Wirkungen, noch bevor der Testorganismus die zur Wahrnehmung von Schmerzen erforderlichen Strukturen wie das Zentralnervensystem, die Haut oder periphere Sinnesorgane ausgebildet hat. Auf Grund der besonders empfindlichen Reaktion der frühen Entwicklungsstadien von Fischen gegenüber Belastungen durch Xenobiotika werden hierbei verschiedene Embryonalstadien, Dottersacklarven und freischwimmende Larven des Zebraabräblings auf Veränderungen in ihrer Entwicklung hin untersucht (McKIM 1985, WESTERNHAGEN 1988).
- Vor dem Hintergrund ethischer Bedenken gegenüber der Forschung an Embryonen, wurde im Jahr 2004 der so genannte DIN-Fischeitest gesetzlich eingeführt, bei dem die Wirkweisen von Xenobiotika auf befruchtete Fischeier in Hinblick auf die Schlupfrate sowie Deformationen, Mortalität und Wachstum der geschlüpften Larven untersucht werden (DIN 38415-6).