

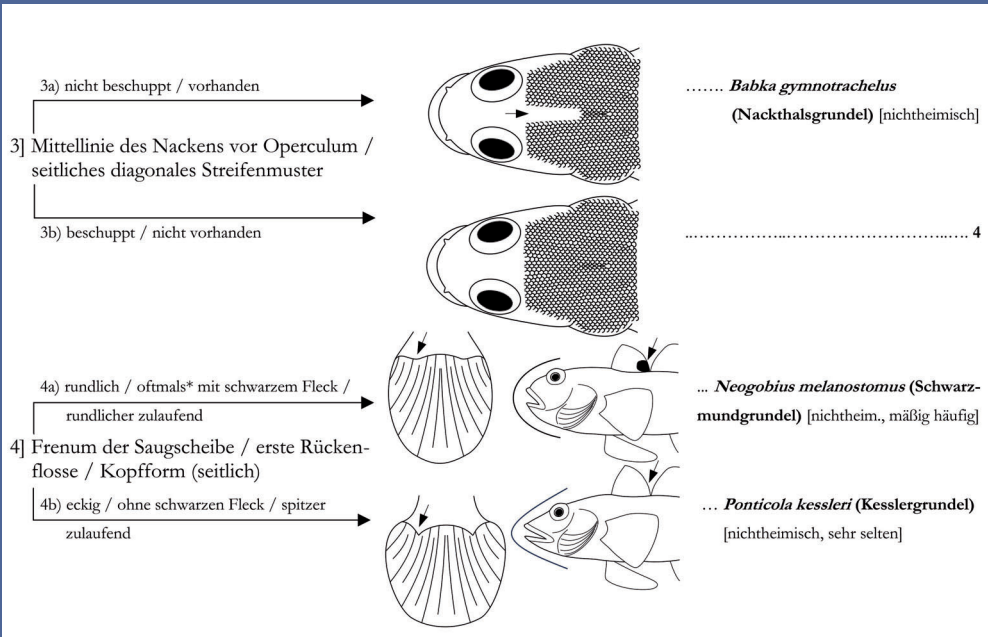
Bulletin of Fish Biology

Supplement

Grafischer Bestimmungsschlüssel für die Süßwasserfische Deutschlands

A graphical key for the identification of German freshwater fishes

Jonas Stahl, Heiko Brunken, Matthias Geiger, Fabian Herder



Grafischer Bestimmungsschlüssel für die Süßwasserfische Deutschlands

A graphical key for the identification of German freshwater fishes

Jonas Stahl¹, Heiko Brunken², Matthias Geiger¹, Fabian Herder¹

¹ Leibniz Institute for the Analysis of Biodiversity Change (IIB), Museum Koenig Bonn, Adenauerallee 127, D-53113 Bonn, Germany, j.stahl@leibniz-lib.de, corresp. author

² Hochschule Bremen, Neustadtswall 30, D-28199 Bremen, Germany

Zusammenfassung: Die Fauna der Süßwasserfische in Deutschland umfasst mehr als 100 Arten, darunter sowohl heimische als auch gebietsfremde Fische. Ihre sichere Bestimmung ist Voraussetzung für erfolgreiches Monitoring und Management sowie gelingenden Artenschutz. Wir haben einen Bestimmungsschlüssel entwickelt, der (1) sich unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes auf die in deutschen Süßgewässern vorkommenden Arten fokussiert, (2) sich auf die für den Bestimmungserfolg wichtigen Informationen beschränkt und (3) die relevanten Merkmale in Form erklärender Piktogramme darstellt, um einfache und schnelle Artbestimmung zu ermöglichen. Die Bestimmungsmerkmale basieren größtenteils auf leicht zu erkennenden äußeren Strukturen wie Kiemenöffnung, Barteln oder Stacheln, der Form des Körpers und der Flossen, oder auch der Größe und Stellung des Maules. Dem Stand der Systematik entsprechend werden diese wo notwendig durch Einbeziehung spezifischerer Merkmale wie Schuppen- oder Kiemenmerkmale, Anzahl von Flossenstrahlen, charakteristische Pigmentierung oder auch des Verbreitungsgebietes ergänzt. Durch leichte Anwendbarkeit wendet sich dieser Bestimmungsschlüssel an eine breite Zahl von Nutzenden in Feld und Labor, von Naturliebhabern und Anglerinnen und Anglern über Forschende und Begutachtende bis hin zu Bildungseinrichtungen.

Schlüsselworte: Süßwasserfische; Deutschland; Artbestimmung; grafischer Schlüssel; Taxonomie

Summary: Germany's freshwater ichthyofauna comprises more than 100 species including both, native and alien species. Reliable species determination is a prerequisite for successful monitoring, stock management and species protection. Here, we present an identification key that (1) focuses on the species occurring in German freshwaters, taking into account the current state of research, (2) is limited to the information important for successful identification and (3) presents the relevant characters in the form of explanatory pictograms to enable simple and rapid species identification. The characters used for determination are largely based on easily recognizable external structures such as gill openings, barbels or spines, the shape of the body and fins, or the size and position of the mouth. In accordance with the current state of systematics, these are supplemented where necessary by the inclusion of more specific characteristics such as scale or gill traits, numbers of fin rays, characteristic pigmentation or the distribution area. Easy to use, this identification key is aimed at a wide range of users in the field and laboratory, from nature lovers and anglers to researchers, assessors and educational institutions.

Keywords: Freshwater fishes; Germany; species determination; graphical key; taxonomy

1. Einleitung

In Deutschland gibt es mehr als 100 Süßwasserfischarten (FREYHOF 2002; FREYHOF et al. 2023), die in der Summe etwa 18 % der gesamten Diversität an europäischen Süßwasserfischen

ausmachen (KNEBELSBERGER et al. 2014). Die Artenvielfalt der europäischen Ichthyofauna ist noch immer nicht vollständig erfasst (siehe z. B. GEIGER et al. 2014; KNEBELSBERGER et al. 2014), und die Fischfauna Deutschlands ist davon nicht ausgenommen: Die Klärung

taxonomischer Fragen sowie die genaue Anzahl der Arten ist nach wie vor Gegenstand der Forschung (FREYHOF 2002; FREYHOF et al. 2023). Die deutsche Fischfauna umfasst lokal endemische Arten wie den Ammersee-Kaulbarsch (*Gymnocephalus ambriaelacus* Geiger & Schlieven, 2010) oder die Stechlin-Maräne (*Coregonus fontanae* Schulz & Freyhof, 2003). Komplexe Fälle von Hybridisierung, wie sie zum Beispiel unter Groppen (*Cottus*) belegt sind, tragen ebenfalls zur Komplexität der Fauna bei. Weiterhin erhöhen durch menschliche Aktivitäten eingebrachte gebietsfremde Arten, ein Problem globalen Ausmaßes (LEVER 1996; RAHEL 2007), die Zahl der in Deutschland vorkommenden Arten (WIESNER et al. 2010): 21 gebietsfremde Arten gelten derzeit als in deutschen Binnengewässern etabliert (FREYHOF et al. 2023). Diskussionen bezüglich der genauen Anzahl an deutschen Süßwasserfischarten könnten sich schließlich auch aus dem Begriff „Süßwasserfisch“ ergeben, der wandernde oder im Süßwasser nur sporadisch vorkommende Arten ein- oder ausschließen kann (APRAHAMIAN et al. 2003; BAGLINIÈRE et al. 2003).

Die korrekte Bestimmung von Arten spielt eine wichtige Rolle für Monitoring und Erhaltung der biologischen Vielfalt, und eine sichere Bestimmung von Arten auf Basis aktueller Taxonomie ist eine wesentliche Voraussetzung für sachgerechtes Ökosystemmanagement. Sie ist beispielsweise relevant für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Gewässern, für das Bestandsmanagement, für die Einschätzung von Invasionen gebietsfremder Arten und für die Fischerei (z. B. PONT et al. 2007; RADINGER et al. 2019) – aber auch für Bildungszwecke.

Während die korrekte Fischbestimmung anhand von Spezialliteratur oftmals nur Experten vorbehalten ist, bieten anwenderfreundliche, auf Piktogrammen basierende Bestimmungsschlüssel einer breiteren Anwenderschaft Zugang zu einer zuverlässigen Bestimmung. Fische scheinen sich dafür gut zu eignen, da die meisten relevanten Merkmale bei adulten Tieren ohne Vergrößerung oder spezielle Werkzeuge beurteilt werden können. Beeindruckende Beispiele stammen von Bestimmungsschlüsseln,

die komplexe Faunen in den Blick nehmen, beispielsweise die Fische Japans (NAKABO 2002), Ecuadors (PRADO et al. 2015) oder Frankreichs (KEITH et al. 2020). Im Fall der deutschen Süßwasserfischfauna gehören zu den potenziellen Nutzenden Ökologinnen und Ökologen, Studierende auf allen Ebenen, Naturalistinnen und Naturalisten, aber auch Anglerinnen und Angler, die zwar im Regelfall die Zielarten der Angelfischerei kennen, aber nicht unbedingt die breitere Fischfauna.

Aufgrund des breiten Nutzerkreises sollte ein Bestimmungsschlüssel möglichst einfach verständlich und anwendbar sein und den aktuellen Forschungsstand berücksichtigen. Bislang gibt es keinen Bestimmungsschlüssel, der beide Kriterien vollständig erfüllt. Schlüssel, die die gesamte mitteleuropäische oder europäische Ichthyofauna und teils auch marine Arten abdecken, wie etwa in HARTMANN (2003), KOTTELAT & FREYHOF (2007), LINSELL & MITLAND (2007), BERGBAUER (2016), SCHAEFER (2017) oder GEBHARDT & NESS (2018), können zwar herangezogen werden, jedoch gestaltet sich die Bestimmung bei Betrachtung der gesamten kontinentalen Fauna als durchaus komplex. Die Artauswahl im hier vorgestellten Schlüssel basiert auf der aktuellen Roten Liste (FREYHOF et al. 2023) und kombiniert die relevanten Bestimmungsmerkmale mit Piktogrammen, wobei nur wesentliche Informationen verwendet werden.

2. Material und Methoden

2.1. Berücksichtigte Fischarten

Dieser Schlüssel basiert auf der aktuellen Roten Liste und Gesamtartenliste der sich im Süßwasser reproduzierenden Fische und Neunaugen (Pisces et Cyclostomata) Deutschlands (FREYHOF et al. 2023). Wir folgen FREYHOF et al. (2023) bei der Aufnahme von 29 Familien und 119 Arten von Süßwasserfischen. Kriterien für die Aufnahme bzw. den Ausschluss von Arten sind: (1) Arten mit der Fähigkeit zur Ausbildung eigenständiger Populationen, die den Etablierungskriterien von LUDWIG et al. (2009) gerecht

werden, werden aufgenommen; (2) nicht-einheimische Arten werden aufgenommen, wenn sie die Etablierungskriterien von LUDWIG et al. (2009) erfüllen oder zumindest lokal etablierte Populationen ausbilden; (3) einheimische Arten,

die in der Vergangenheit als ausgestorben galten, nach neueren Erkenntnissen aber wieder in der Natur vorkommen, werden aufgenommen; (4) Meeres- oder Brackwasserarten werden aufgenommen, wenn ihr Vorkommen zumindest in

Tab. 1: Im Bestimmungsschlüssel berücksichtigte Fischarten.

Tab. 1: Fish species included in the graphical key for the identification of German freshwater fishes.

Familie	Art
Petromyzontidae	<i>Eudontomyzon vladykovi</i> , <i>Lampetra fluviatilis</i> , <i>Lampetra planeri</i> , <i>Petromyzon marinus</i>
Acipenseridae	<i>Acipenser baerii</i> , <i>Acipenser oxyrinchus</i> , <i>Acipenser ruthenus</i> , <i>Acipenser sturio</i>
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>
Alosidae	<i>Alosa alosa</i> , <i>Alosa fallax</i>
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i> , <i>Ameiurus nebulosus</i>
Bagridae	<i>Tachysurus sinensis</i>
Thymallidae	<i>Thymallus thymallus</i>
Osmeridae	<i>Osmerus eperlanus</i>
Salmonidae	<i>Hucho hucho</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> , <i>Salmo salar</i> , <i>Salmo trutta</i> , <i>Salvelinus evasus</i> , <i>Salvelinus fontinalis</i> , <i>Salvelinus profundus</i> , <i>Salvelinus umbla</i>
Coregonidae	<i>Coregonus albula</i> , <i>Coregonus arenicolus</i> , <i>Coregonus bavaricus</i> , <i>Coregonus fontanae</i> , <i>Coregonus boferi</i> , <i>Coregonus bolsatus</i> , <i>Coregonus lucinensis</i> , <i>Coregonus macrophthalmus</i> , <i>Coregonus maraena</i> , <i>Coregonus maraenoides</i> , <i>Coregonus peled</i> , <i>Coregonus wartmanni</i> , <i>Coregonus widegreni</i>
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i> , <i>Pungitius pungitius</i>
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>
Lotidae	<i>Lota lota</i>
Oxudercidae	<i>Knipovitschia caucasica</i> , <i>Pomatoschistus microps</i>
Gobiidae	<i>Babka gymnotrachelus</i> , <i>Neogobius fluviatilis</i> , <i>Neogobius melanostomus</i> , <i>Ponticola kessleri</i> , <i>Proterorhinus semilunaris</i>
Cottidae	<i>Alpinocottus poecilopus</i> , <i>Cottus gobio</i> , <i>Cottus microstomus</i> , <i>Cottus perifretum</i> , <i>Cottus rhenanus</i>
Odontobutidae	<i>Perccottus glenii</i>
Percidae	<i>Gymnocephalus ambloelacus</i> , <i>Gymnocephalus baloni</i> , <i>Gymnocephalus cernua</i> , <i>Gymnocephalus schraetser</i> , <i>Perca fluviatilis</i> , <i>Sander lucioperca</i> , <i>Sander volgensis</i> , <i>Zingel streber</i> , <i>Zingel zingel</i>
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i> , <i>Micropterus salmoides</i>
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>
Esocidae	<i>Esox lucius</i>
Umbridae	<i>Umbra pygmaea</i>
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i> , <i>Cobitis elongatoides</i> , <i>Cobitis taenia</i> , <i>Misgurnus anguillicandatus</i> , <i>Misgurnus bipartitus</i> , <i>Misgurnus fossilis</i> , <i>Paramisgurnus dabryanus</i> , <i>Sabanejewia balcanica</i> , <i>Sabanejewia baltica</i>
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i> , <i>Carassius auratus</i> , <i>Carassius carassius</i> , <i>Carassius gibelio</i> , <i>Carassius langsdorffii</i> , <i>Cyprinus carpio</i>
Tincidae	<i>Tinca tinca</i>
Gobionidae	<i>Gobio gobio</i> , <i>Pseudorasbora parva</i> , <i>Romanogobio belingi</i> , <i>Romanogobio uranoscopus</i> , <i>Romanogobio vladykovi</i>
Acheilognathidae	<i>Rhodens amarus</i>
Xenocypridae	<i>Ctenopharyngodon idella</i> , <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>
Leuciscidae	<i>Abramis brama</i> , <i>Alburnoides bipunctatus</i> , <i>Alburnus alburnus</i> , <i>Alburnus mento</i> , <i>Ballerus ballerus</i> , <i>Ballerus sapa</i> , <i>Blicca bjoerkna</i> , <i>Cbondrostoma nasus</i> , <i>Leucaspis delineatus</i> , <i>Leuciscus aspinus</i> , <i>Leuciscus idus</i> , <i>Leuciscus leuciscus</i> , <i>Pelecus cultratus</i> , <i>Pboxinus csikii</i> , <i>Pboxinus marsilii</i> , <i>Pboxinus morella</i> , <i>Pboxinus pboxinus</i> , <i>Pimephelas promelas</i> , <i>Rutilus meidingeri</i> , <i>Rutilus rutilus</i> , <i>Rutilus virgo</i> , <i>Scardinius erythrophthalmus</i> , <i>Squalius cephalus</i> , <i>Telestes souffia</i> , <i>Vimba vimba</i>

den unteren Flusssystemen regelmäßig nachgewiesen wurde. Marine Arten, die nur sporadisch in Ästuaren oder den unteren Flusssystemen nachgewiesen wurden, werden hingegen nicht berücksichtigt. Auf Grundlage der Kriterien 2 und 3 sollen potenzielle Gefährdungen der heimischen Fauna sowie gefährdete Arten erkannt werden. Eine systematische Auflistung der Arten, die durch den Schlüssel abgedeckt werden, ist Tabelle 1 zu entnehmen.

2.2. Inhalt und Struktur der Bestimmungsschritte

Die für die Bestimmung der Arten verwendeten morphologischen Merkmale und Habitatdaten basieren weitgehend auf BRUNKEN & FRICKE (1985) und KOTTELAT & FREYHOF (2007), ergänzt durch die in BRUNKEN & VATTERROTT (2024) aufgeführte Fachliteratur (Tab. 2). Bei lokal endemischen Arten wird zur Erleichterung der Bestimmung auch die geografische Herkunft angegeben. Morphologische Merkmale werden durch Verbreitungskarten und/oder Habitatinformationen ergänzt, sofern dies für eine erfolgreiche Bestimmung relevant ist. Schwerpunktmäßig werden äußere Merkmale abgebildet, die mit

dem bloßen Auge beurteilt werden können; in einigen Fällen ist jedoch eine Präparation (von Kiemenreusendornen) oder eine Vergrößerung erforderlich. Die Bestimmungsschritte sind binär strukturiert und enthalten für jeden Teil in der Regel eine Grafik (Abb. 1). Die binäre und hierarchische Struktur ermöglicht zunächst eine Reduktion der Komplexität auf Ebene der Fischfamilien und anschließend eine Artbestimmung mit spezifischeren Merkmalskombinationen.

2.3. Taxonomie

Die wissenschaftlichen Namen folgen der aktuellen Roten Liste (FREYHOF et al. 2023). Deutsche und englische Trivialnamen folgen FREYHOF (2007), FREYHOF et al. (2023) oder, falls dort nicht aufgeführt, dem GfI-Fischartenatlas (BRUNKEN & VATTERROTT 2024).

2.4. Piktogramme

Die Piktogramme wurden mit Inkscape (Version: 0.92.4) unter Verwendung eines Wacom Intuos Zeichentablets erstellt. Das Programm ermöglicht die Erstellung von Vektorillustrationen, die optional ohne Qualitätsverlust skaliert

Tab. 2: Fachliteratur, die neben BRUNKEN & FRICKE (1985) und KOTTELAT & FREYHOF (2007) morphologische und geografische Unterscheidungsmerkmale liefert.

Tab. 2: Focal literature providing the morphological and geographical distinguishing characteristics in addition to BRUNKEN & FRICKE (1985) and KOTTELAT & FREYHOF (2007).

Familie	Art	Literatur
Petromyzontidae	<i>Petromyzon marinus</i>	FREYHOF (1998)
	<i>Lampetra fluviatilis</i>	FREYHOF (1998), FÜLLNER et al. (2016)
	<i>Lampetra planeri</i>	FREYHOF (1998), FÜLLNER et al. (2016)
Alosidae	<i>Alosa alosa</i>	NEUDECKER & DAMM (2005), BAGLINIÈRE et al. (2003)
	<i>Alosa fallax</i>	NEUDECKER & DAMM (2005), APRAHAMIAN et al. (2003)
Ictaluridae	<i>Ameiurus nebulosus</i>	DOERING & LUDWIG (1992)
	<i>Ameiurus melas</i>	DOERING & LUDWIG (1992)
Bagridae	<i>Tachysurus sinensis</i>	HÄRTL et al. (2018)
Salmonidae	<i>Salvelinus evasus</i>	FREYHOF & KOTTELAT (2005)
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	DENYS et al. (2018)
Percidae	<i>Gymnocephalus ambriaeacus</i>	GEIGER & SCHLIEWEN (2010)
	<i>Gymnocephalus cernua</i>	GEIGER & SCHLIEWEN (2010)
Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> , <i>Misgurnus bipartitus</i>	JUNG et al. (2021)
	<i>Cobitis bilineata</i>	ROCH et al. (2023)
Xenocyprididae	<i>Ctenopharyngodon idella</i> ,	

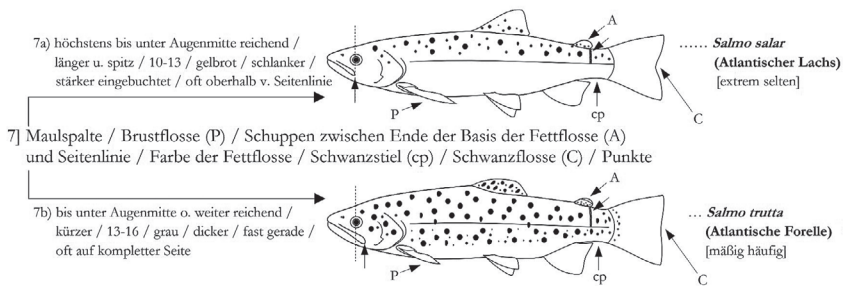


Abb. 1: Struktur der Bestimmungsschritte des Bestimmungsschlüssels für die deutsche Süßwasser-Ichthyofauna; jeder Schritt besteht aus dem binären Vergleich eines oder mehrerer Merkmale, der über entsprechende Grafiken zum nächsten Bestimmungsschritt bzw. zur entsprechenden Fischfamilie/-art führt.

Fig. 1: Structure of the determination steps in the identification key for Germany's inland freshwater ichthyofauna; each step consists of the binary comparison of one or several characteristics leading to the next step or the corresponding fish family/species via a corresponding graphic.

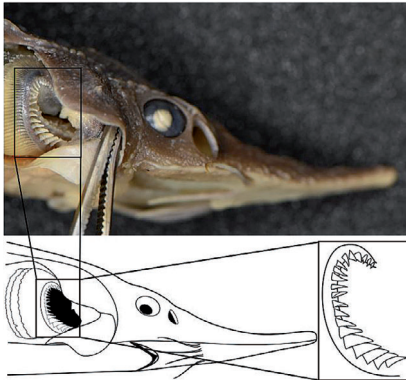


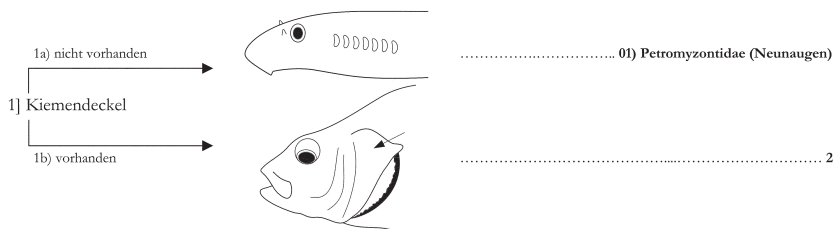
Abb. 2: Kopf von *Acipenser baerii*, fotografiert in der Fichsammlung des LIB (oben). Das Foto dient als Vorlage für die Illustration mit Inkscape (unten), hier mit Fokus auf die Kiemenreusendornen. Zu beachten ist, dass Merkmale, die auf dem Bild nicht deutlich zu erkennen sind, hier etwa die Barteln, nach einer zusätzlichen Untersuchung des Exemplars hinzugefügt wurden.

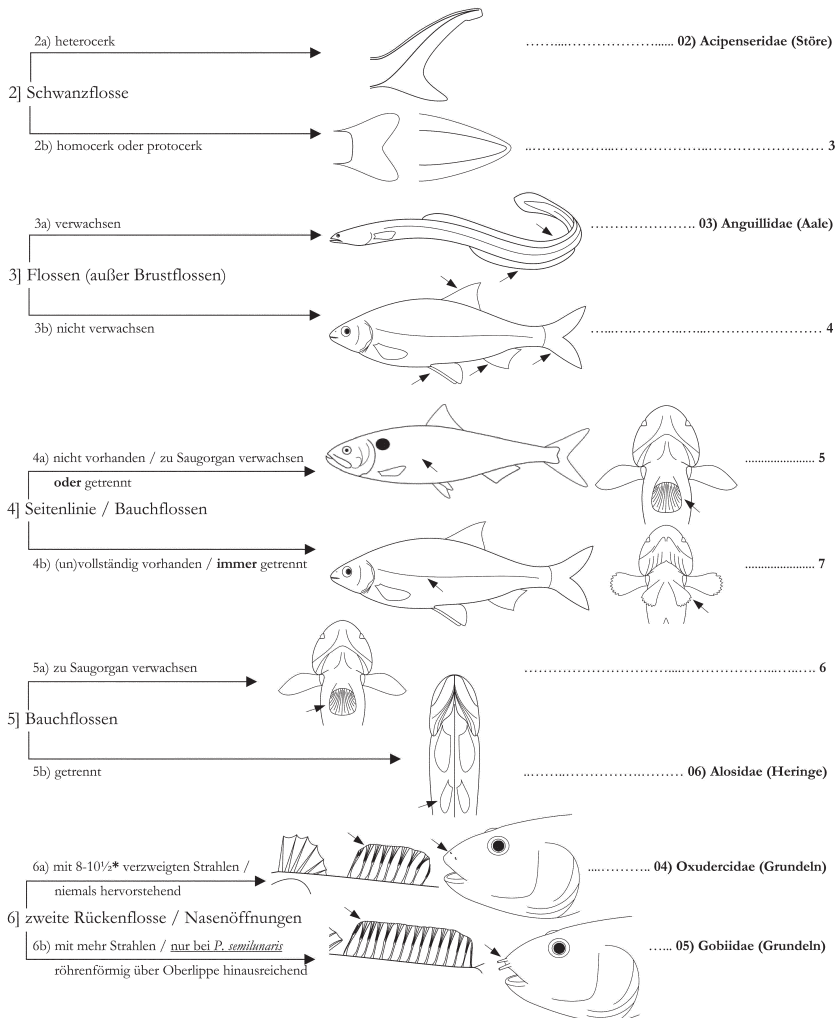
Fig. 2: Head of *Acipenser baerii* photographed in the fish collection of LIB (above). The photo serves as template for illustration with Inkscape (below), here with a focus on the gill rakers. Note that characters not clearly visible in the picture, like the barbels, were added following additional specimen inspection.

3. Ergebnisse

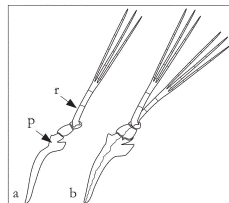
3.1. Familienschlüssel

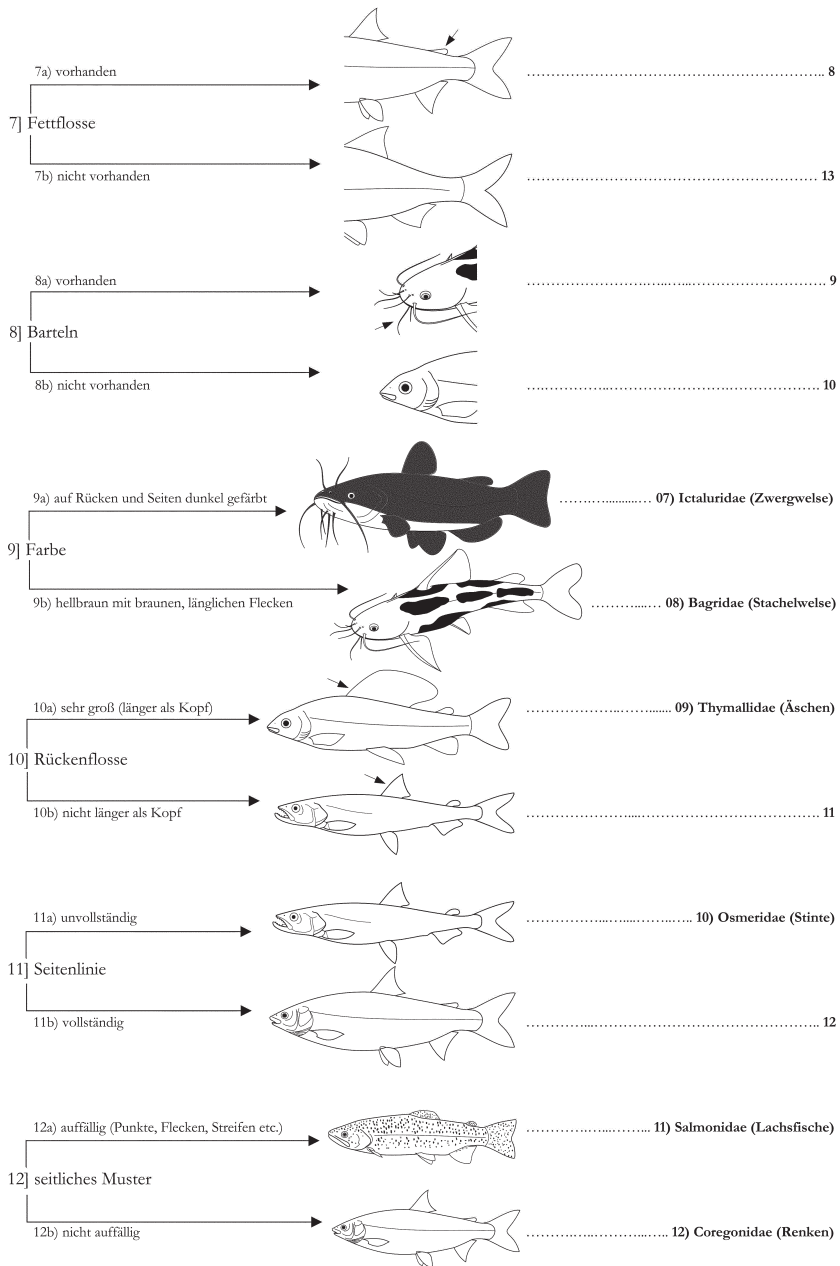
Hinweis: Der Familienschlüssel führt zu durchnummerierten Fischfamilien, die im Artenschlüssel (3.2) weiter unterteilt sind.

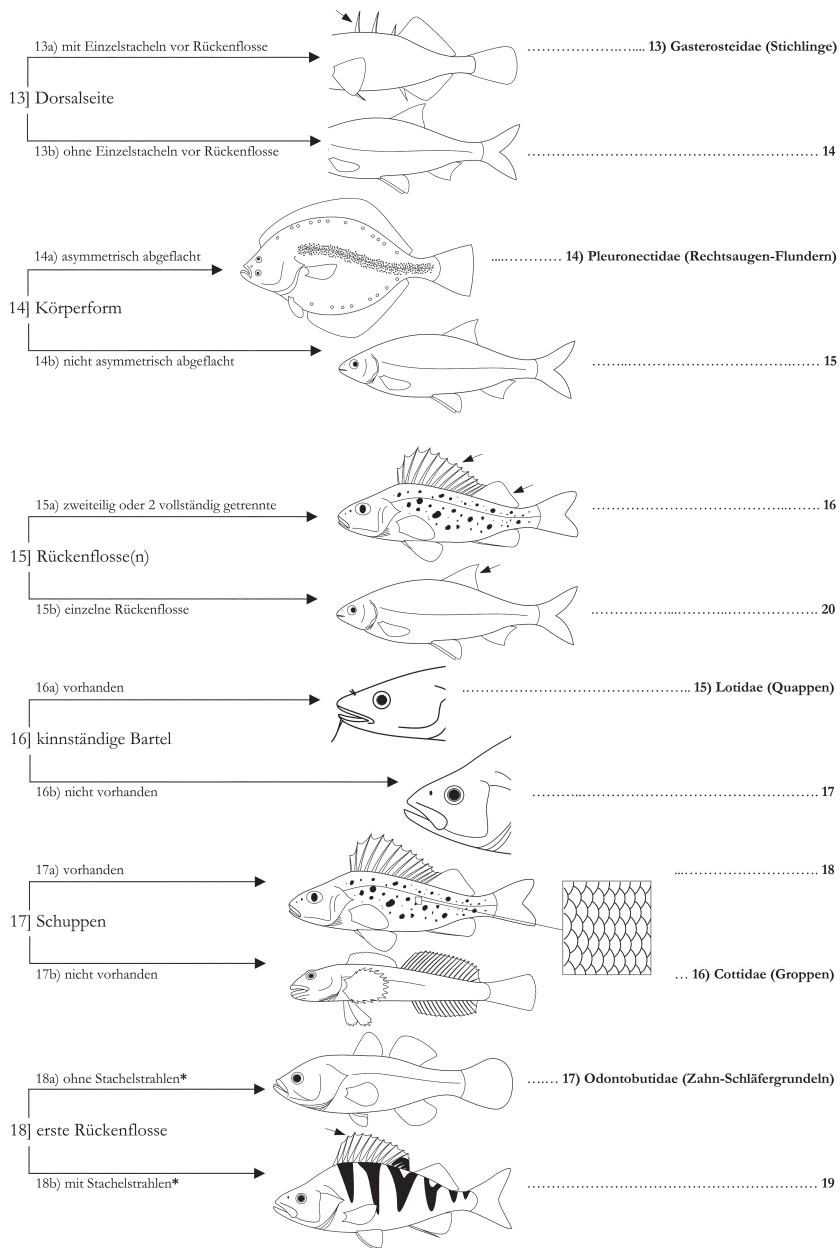




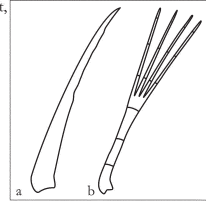
* Normalerweise trägt ein Flossenträger (Pterygiophor, p) einen Flossenstrahl (r) (rechts, (a)). 1½ verzweigte Flossenstrahlen bedeuten, dass die letzten beiden Strahlen am gleichen Pterygiophor, welches aus zwei verschmolzenen Pterygiophoren besteht, ansetzen (b). ½ Flossenstrahl wird somit immer auch als 1 vollständiger Flossenstrahl gezählt. (KOTTELAT & FREYHOF 2007, 17).



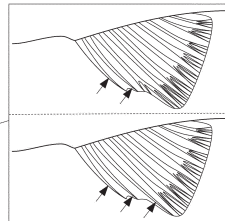
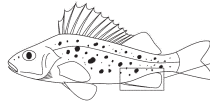




*Als Stachelstrahlen werden die wie Stacheln aussehenden Flossenstrahlen (rechts, (a)) bezeichnet, die sich aufgrund ihrer ungegliederten Form von den gegliederten Weichstrahlen (b) unterscheiden. Auch Stachelstrahlen können biegsam sein.

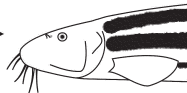
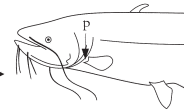


- 19] Afterflosse
- 19a) mit 1-2 Stachelstrahlen
 - 19b) mit 3-4 Stachelstrahlen



- 18) Percidae
(Echte Barsche)
- 19) Centrarchidae
(Sonnenbarsche)

- 20] Barteln
- 20a) bis hinter Brustflossenansatz (p)
 - 20b) wenn vorhanden, kürzer als Kopf



..... 20) Siluridae (Echte Welse)

..... 21

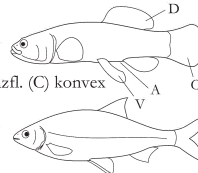
- 21] Maul
- 21a) lang, entensnabelförmig
 - 21b) andersartig



..... 21) Esocidae (Hechte)

..... 22

- 22] Bauchfl. (V) mittig, Rückenfl. (D) über After (A), Schwanzfl. (C) konvex
- 22a) Kombination vorhanden
 - 22b) Kombination nicht vorhanden



..... 22) Umbridae
(Hundsfische)

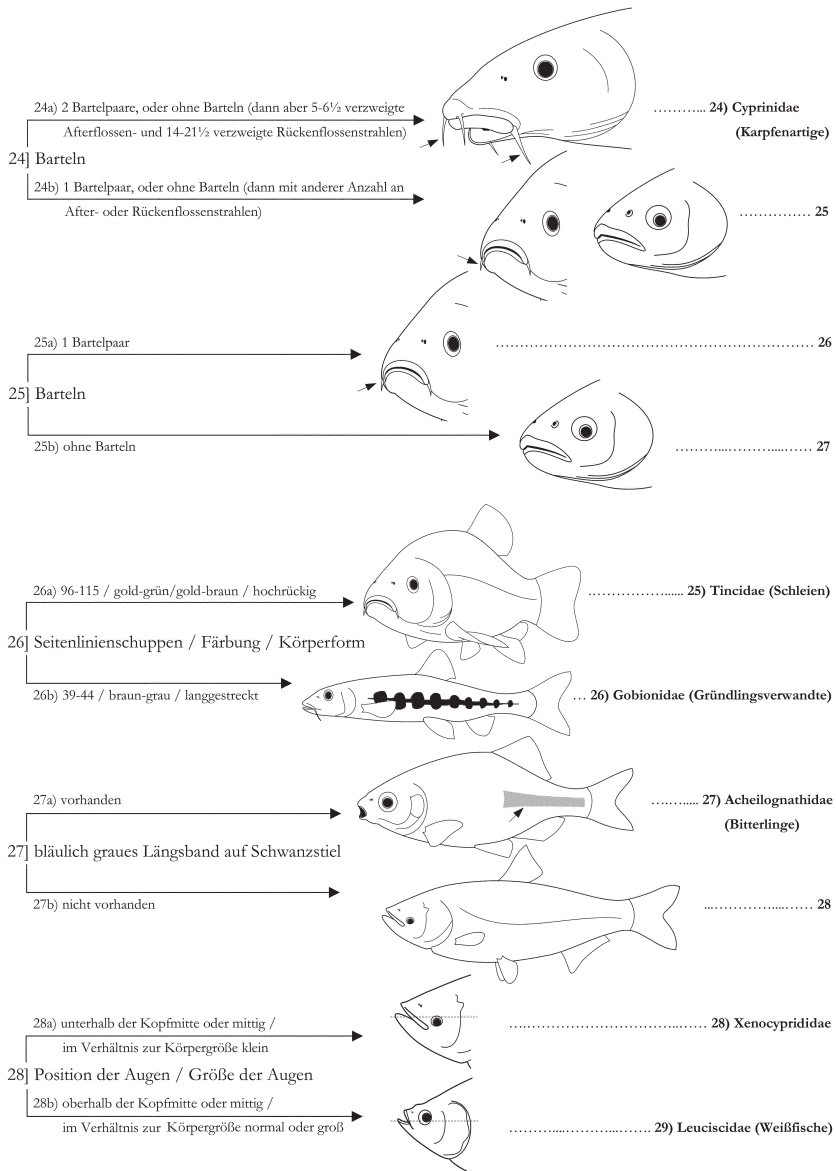
..... 23

- 23] Barteln
- 23a) 6 oder mehr
 - 23b) 0-4



..... 23) Nemacheilidae (Bachschmerlen)
und Cobitidae (Steinbeißer)

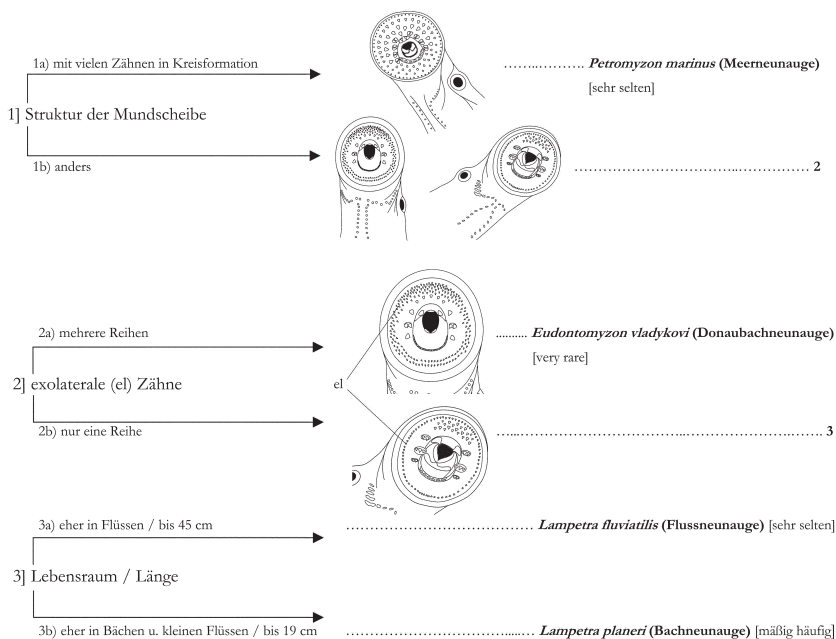
..... 24



3.2. Artenschlüssel

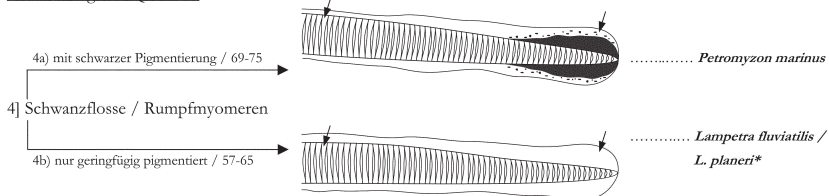
Hinweis: Für jede Art, die auch in der Roten Liste aufgeführt ist, ist FREYHOF et al. (2023) folgend ihr jeweiliger Verbreitungsstatus (ausgestorben/verschollen, extrem selten, sehr selten, selten, mäßig häufig, häufig, sehr häufig, unbekannt) angegeben. Nichtheimische Arten sind als solche gekennzeichnet.

01) Petromyzontidae (Neuaugen)*



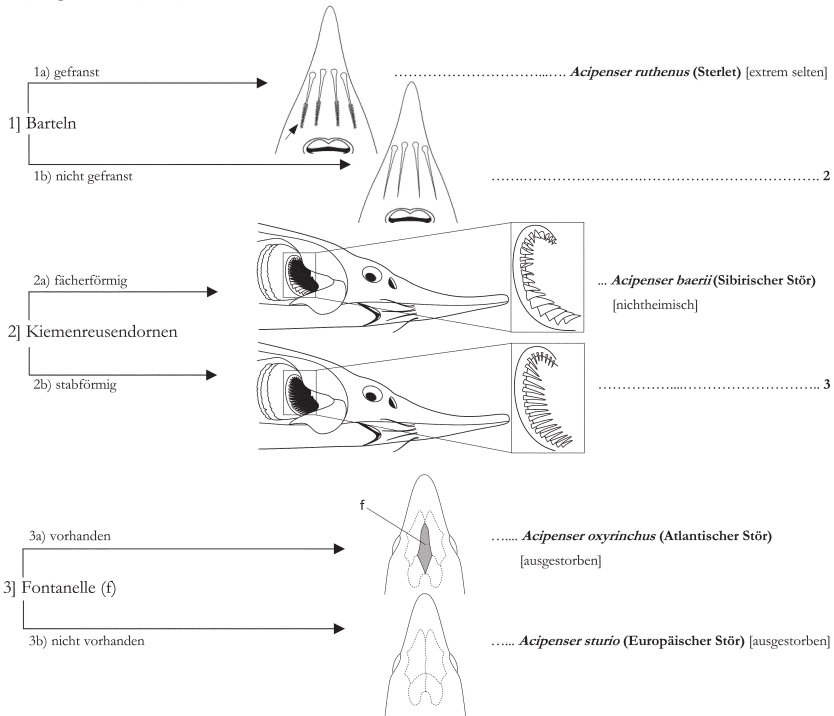
* Die ersten 3 bis 8 Jahre befindet sich ein Neunaugen als Querder im Larvenstadium, bevor es sich zum adulten Neunaugen umwandelt. Die Querder der Gattungen *Petromyzon* und *Lampetra* lassen sich ab einer Länge von 50 mm sicher über das Merkmal der Pigmentierung der Schwanzflosse bestimmen. Zur Bestimmung kleinerer Querder müssen die Körpermyomere (im betäubten Zustand) abgezählt werden.

Bestimmung von Querdern:



* Die Querder von *L. fluviatilis* und *L. planeri* lassen sich morphologisch nicht voneinander unterscheiden.

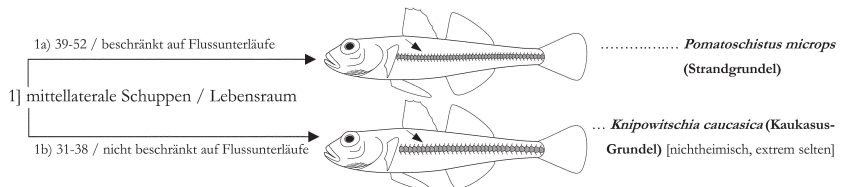
02) Acipenseridae (Störe)



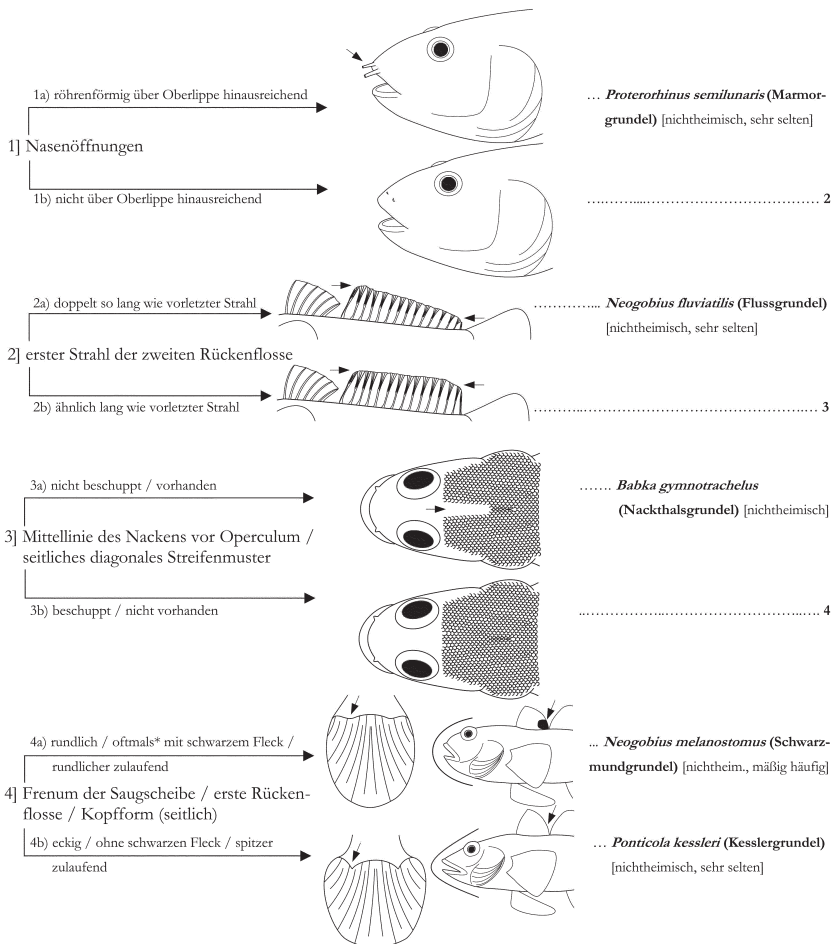
03) Anguillidae (Aale)



04) Oxudercidae (Grundeln)

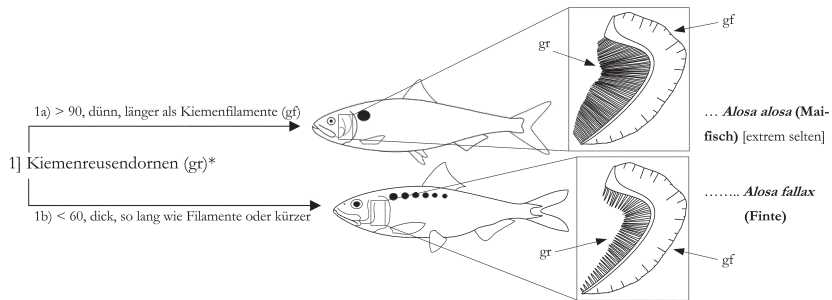


05) Gobiidae (Grundeln)



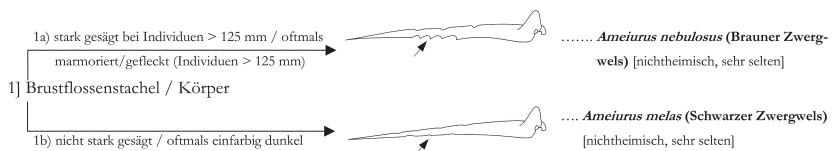
* Untersuchungen aus der Weser zeigen, dass bei etwa 20 % aller Individuen dieser charakteristische Fleck nicht vorhanden war (ROB et al. 2016).

06) Alosidae (Heringe)

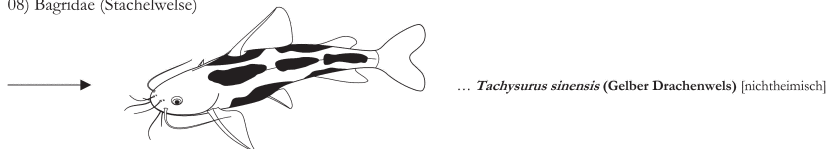


* Die Anzahl der Kiemenreusendornen ist das einzige Merkmal zur sicheren Unterscheidung von *A. alosa* und *A. fallax*. Die Anzahl von schwarzen Flecken auf der Seite ist dagegen variabel. Die Anzahl der Kiemenreusendornen bezieht sich hier auf den ersten Kiemenbogen (TAILLEBOIS et al. 2020). Die genaue Position der Kiemenreusendornen ist im zweiten Bestimmungsschritt der Familie Acipenseridae dargestellt.

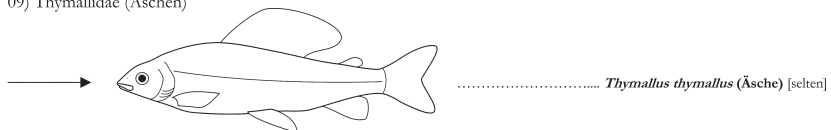
07) Ictaluridae (Zwergwelse)



08) Bagridae (Stachelwelse)



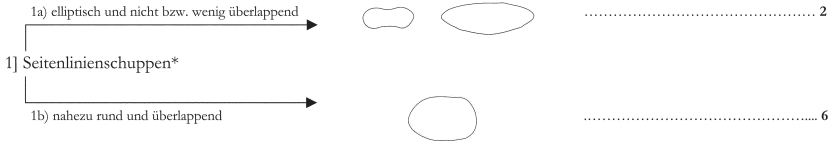
09) Thymallidae (Äschen)



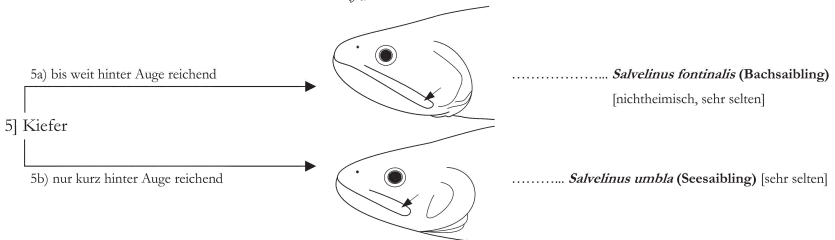
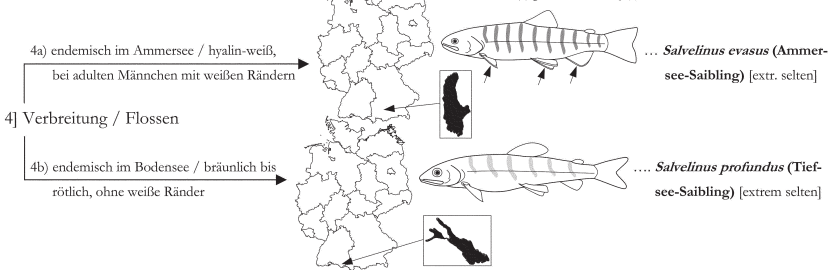
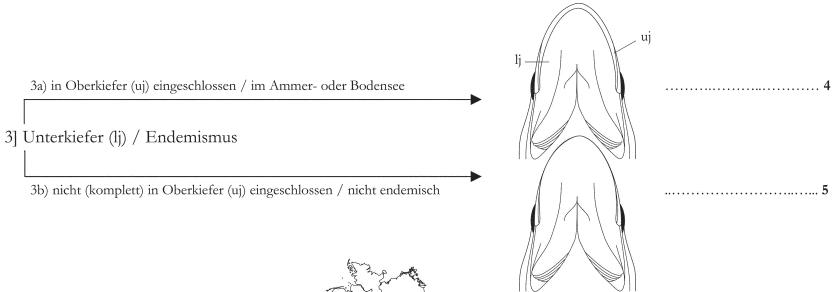
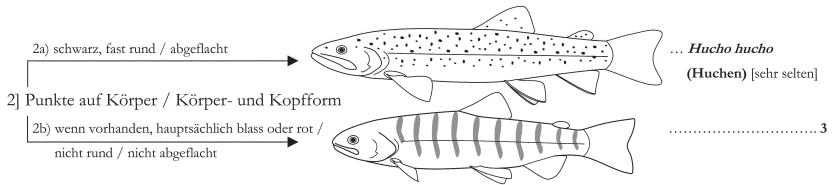
10) Osmeridae (Stint)

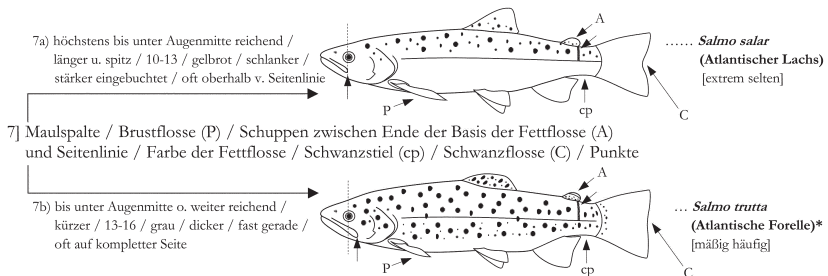
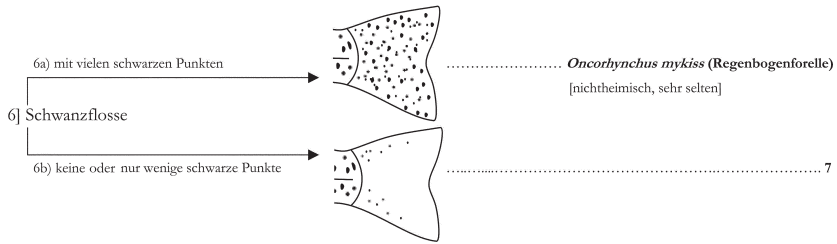


11) Salmonidae (Lachsfische)



* Die Position der Seitenlinienschuppen ist im ersten Bestimmungsschritt der Familie Xenocypridae (3.2.28). Die Form dieser Schuppen dient hier zur Unterscheidung der Gattungen *Hucho* / *Salvelinus* in Abgrenzung von *Oncorhynchus* / *Salmo*.

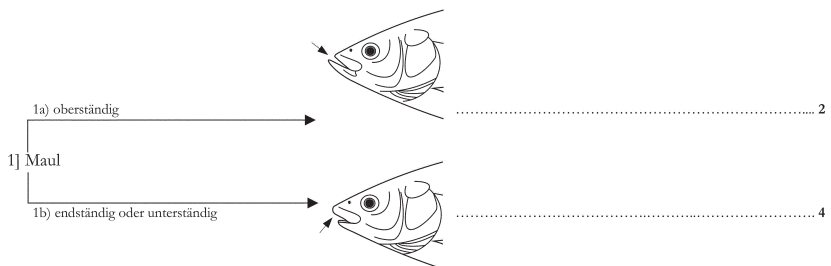


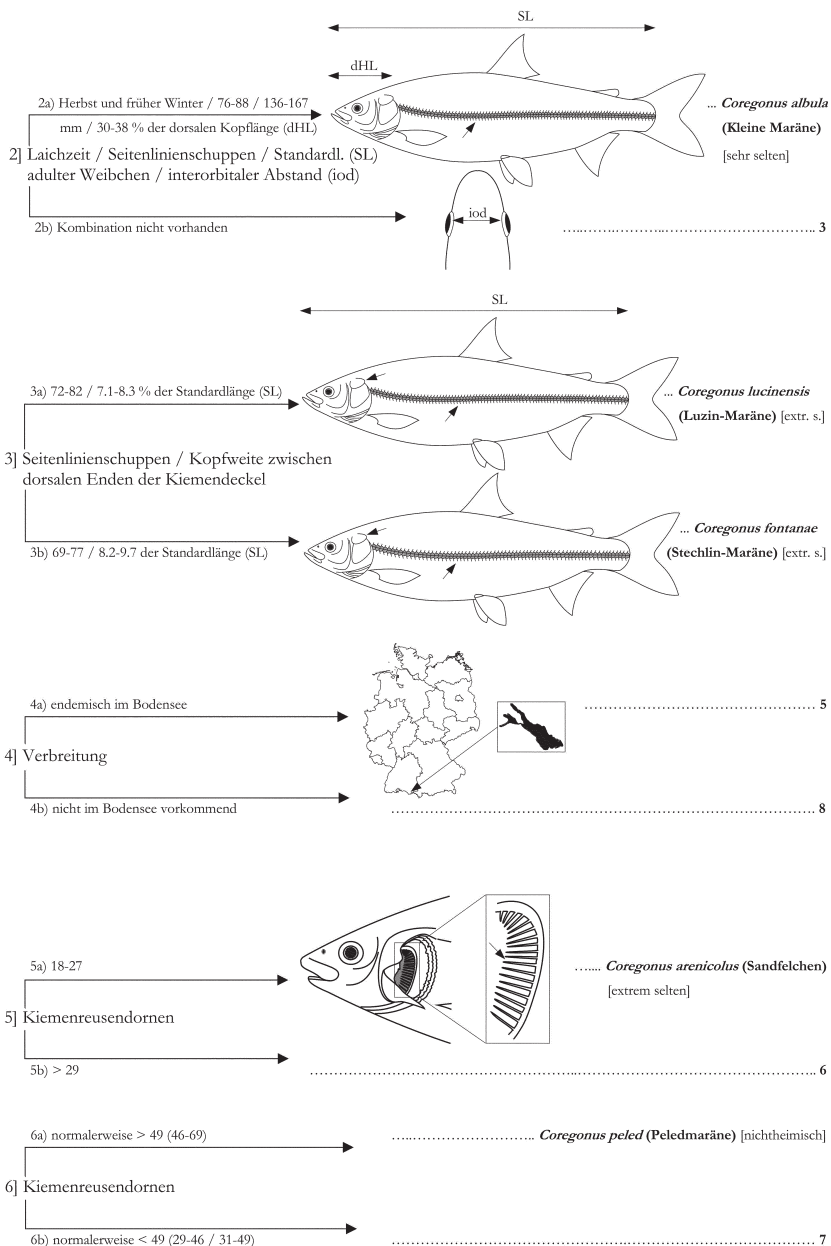


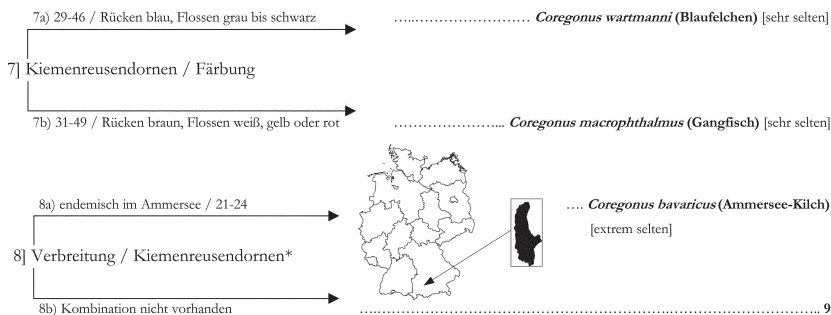
* Je nach Lebensweise wird zwischen drei Formen der Atlantischen Forelle unterschieden. Die Bachforelle (*S. trutta fario*) kommt insbesondere in Fließgewässern vor, während die Seeforelle (*S. trutta lacustris*) in Süßwasserseen lebt und zum Laichen in die Zuflüsse aufsteigt. Die Meerforelle (*S. trutta trutta*) bewohnt die Küstenregionen im Meer und steigt zum Laichen ebenfalls in Flüsse auf.

12) Coregonidae (Renken)

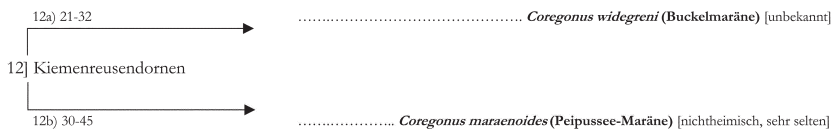
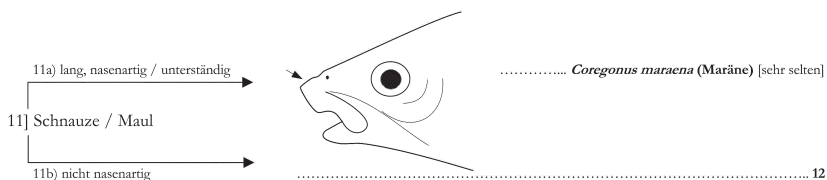
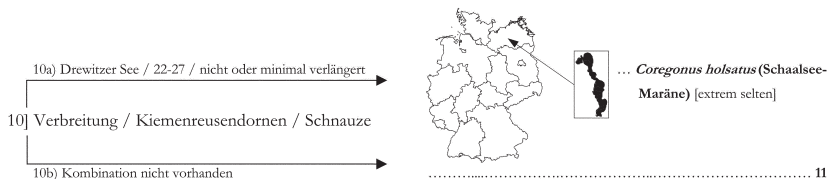
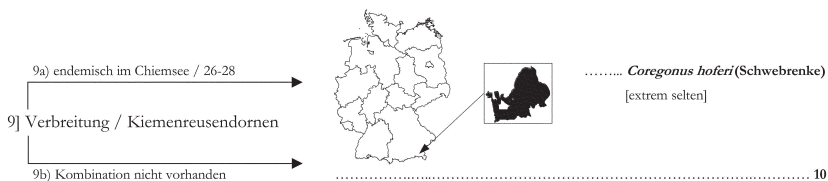
Hinweis: Neue Untersuchungen an Renken (SCHLIEWEN et al. 2019) legen nahe, dass die Diversität an voralpinen Renkenarten abgenommen hat, etwa gilt *Coregonus renke* inzwischen als weltweit ausgestorben und die ursprüngliche Artbeschreibung von *C. bavaricus* nicht mehr als zutreffend. Die hier aufgeführten Arten sind ebenfalls in FREYHOF et al. 2023 gelistet.



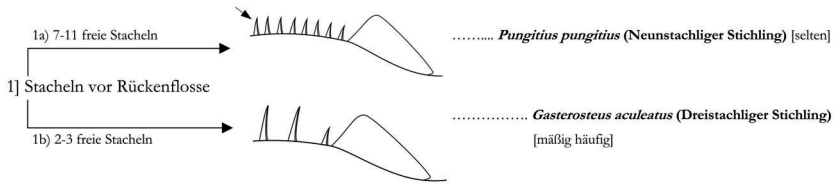




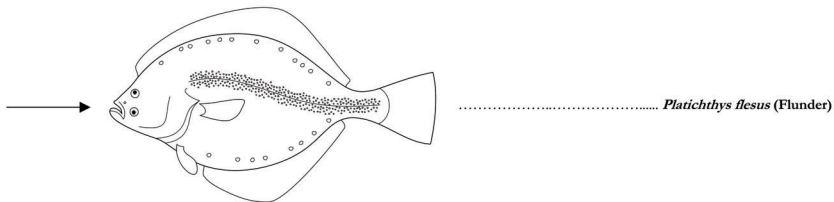
* Die Position der Kiemenreusendornen ist im fünften Bestimmungsschritt der Coregonidae dargestellt.



13) Gasterosteidae (Stichlinge)

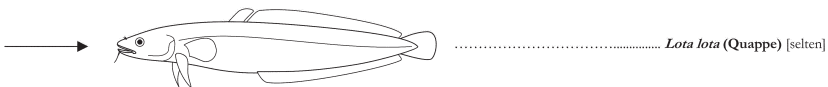


14) Pleuronectidae (Rechtsaugen-Flundern*)



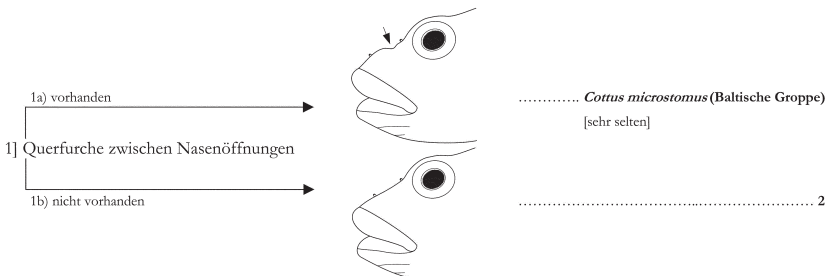
* Etwa 30 % der Flundern sind linksäugig.

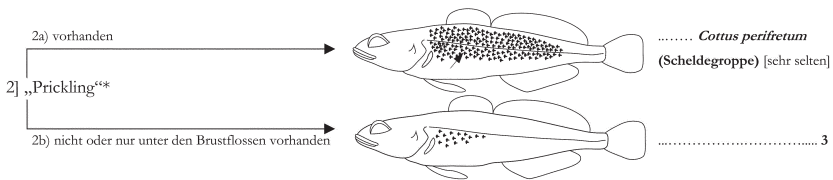
15) Lotidae (Quappen)



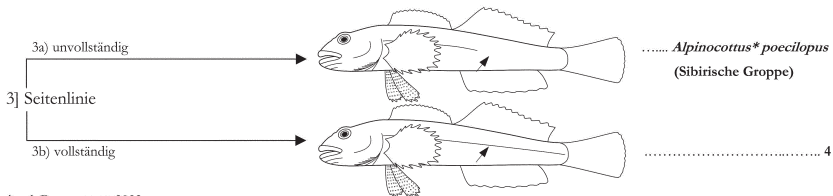
16) Cottidae (Groppen)

Hinweis: Zwischen den Arten *Cottus rhenanus* und *C. perifretum* kommt es zu Hybridisierung (NOLTE et al. 2005). Hybriden der beiden Arten haben im Rhein und in größeren Nebenflüssen wie Sieg, Mosel und Main eigenständige Hybrid-Linien etabliert. Bislang sind noch keine äußeren morphologischen Merkmale bekannt, die zur eindeutigen Bestimmung der Hybriden dienen können. Morphologisch ähneln sie jedoch stark *C. perifretum* (FREYHOF et al. 2005; NOLTE et al. 2005). Weiterhin sind Hybridzonen bekannt, etwa in der Sieg und ihren Nebenflüssen, wo die verschiedenen Groppenlinien aufeinandertreffen und in denen Hybridisierung zwischen der etablierten Hybrid-Linie *C. perifretum* × *C. rhenanus* und der Elternart *C. rhenanus* vorkommt (NOLTE et al. 2006).

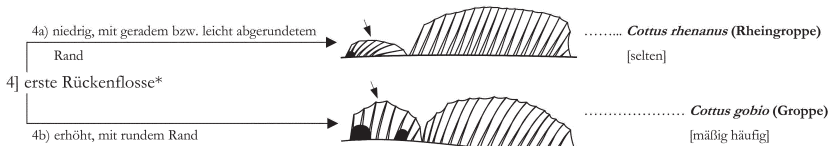




* Die Haut der Scheldegroppe fühlt sich rau an. Dies liegt an den feinen, nach hinten gerichteten und rückgebildeten Schuppen, vergleichbar mit kleinen Stacheln (engl. „prickles“).

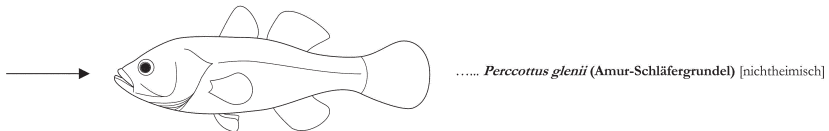


* vgl. BOGDANOV 2023.

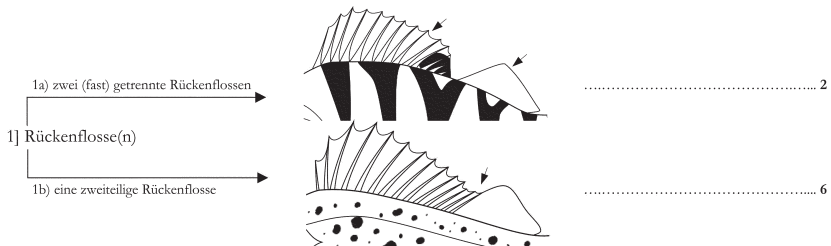


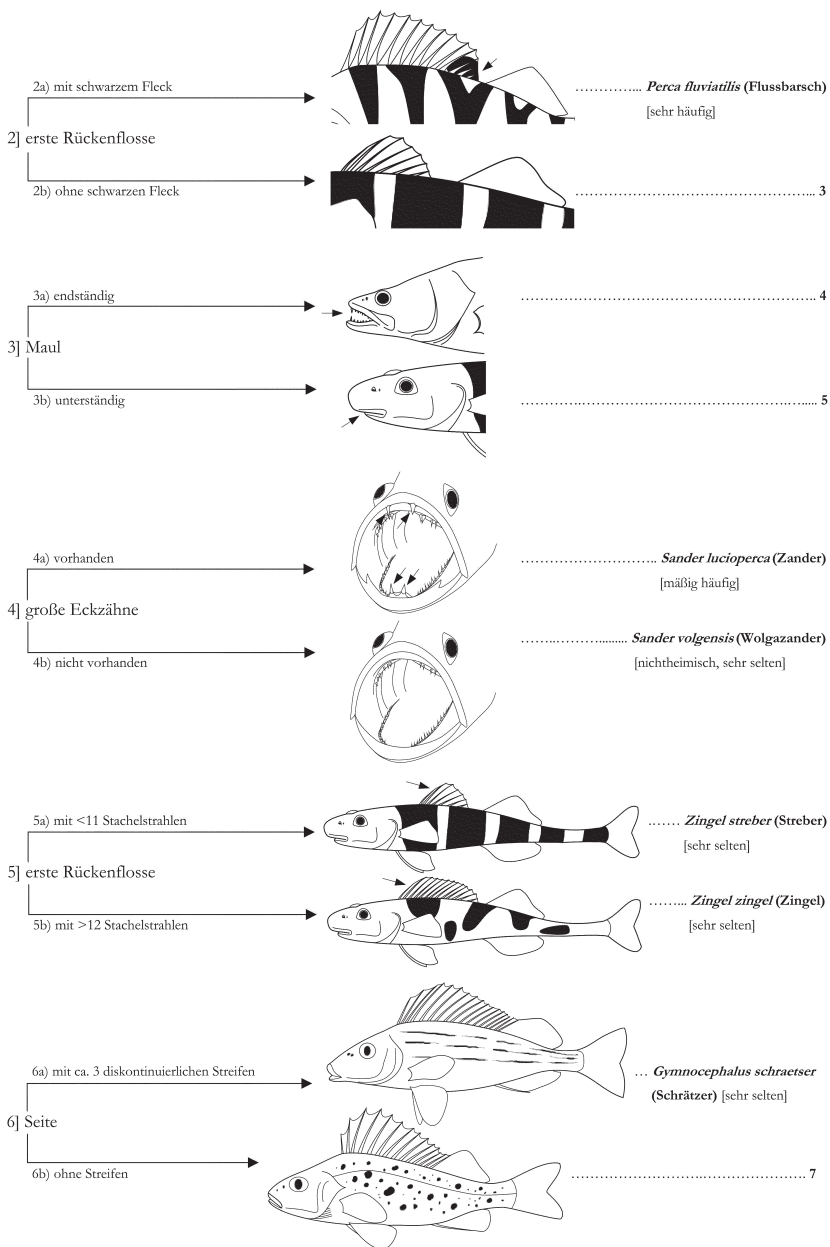
* Aufgrund der sehr hohen morphologischen Variabilität innerhalb der Arten *C. rhenanus* und *C. gobio* dient das Merkmal der ersten Rückenflosse nur zur eindeutigen morphologischen Unterscheidung von *C. rhenanus* und Individuen der Populationen von *C. gobio* aus angrenzenden Gebieten des Rheins, der Weser und der Elbe. Zur sicheren Unterscheidung müssen ansonsten molekulare Marker herangezogen werden (FREYHOF et al. 2005).

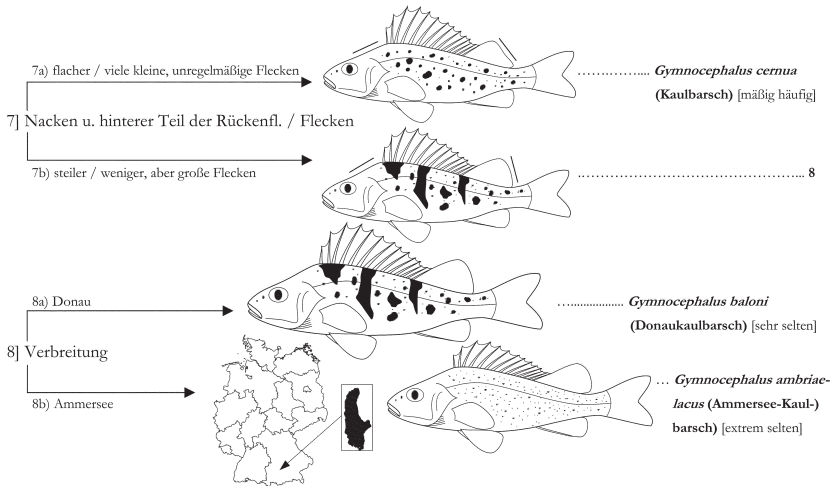
17) Odontobutidae (Zahn-Schläfergrundeln)



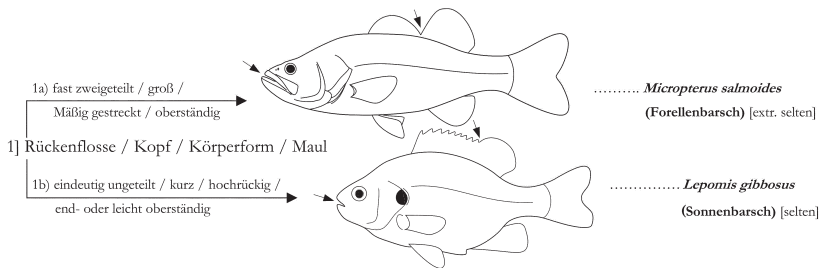
18) Percidae (Barsche)







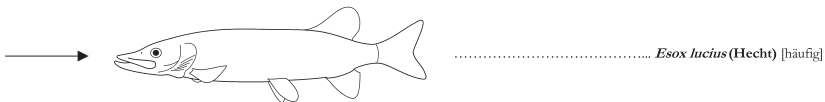
19) Centrarchidae (Sonnenbarsche)



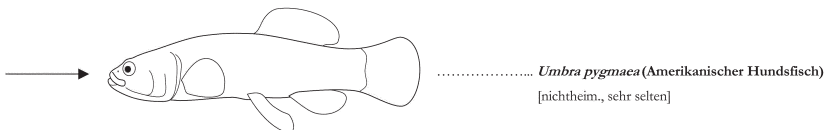
20) Siluridae (Echte Welse)



21) Esocidae (Hechte)

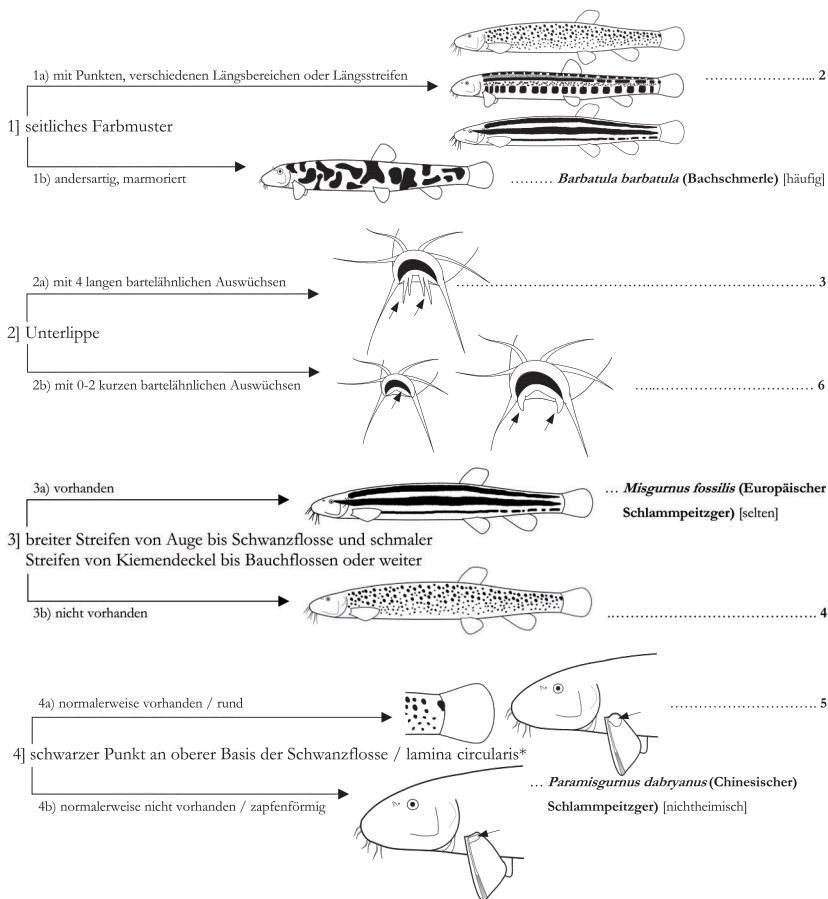


22) Umbridae (Hundsfische)

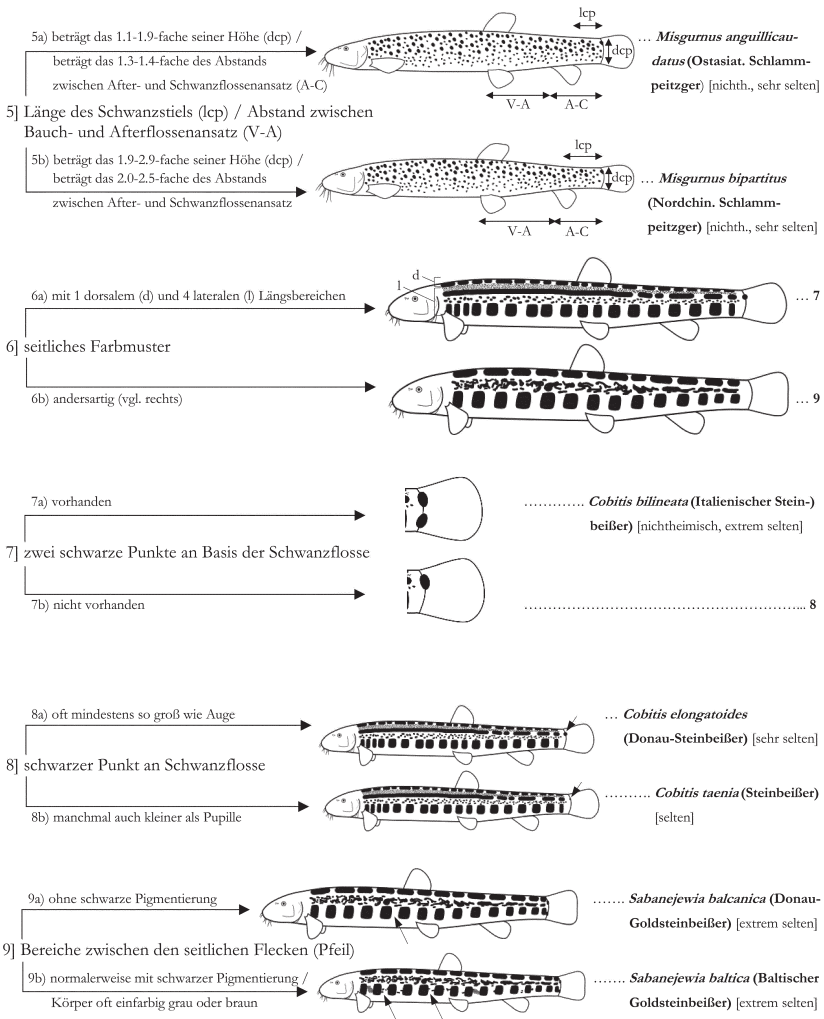


23) Nemacheilidae (Bachschmerlen) – Cobitidae (Steinbeißer)

Hinweis: Aufgrund von Hybridisierung ähneln sich Arten der Gattungen *Cobitis* und *Sabanejewia* teilweise so stark, dass sie morphologisch nicht mehr voneinander unterschieden werden können (KOTTELAT & FREYHOF 2007). In diesem Fall müssen zur Bestimmung genetische Marker herangezogen werden. Die Hybridisierung erfolgt so stark, dass sich Hybridzonen ausbilden, in denen infolge von Gynogenese Populationen entstehen, die zum Großteil aus weiblichen Individuen bestehen. Da Genome einzelner Männchen mit den Erbinformationen der Weibchen dabei verschmelzen können, können in den Hybridzonen Nachkommen mit triploiden und tetraploiden Chromosomensätzen entstehen (CHOLEVA et al. 2012, VASIL'EVA & VASIL'EV 2019). Beispielsweise konnte BOHLEN (2010) in den Gewässern östlich der Elbe nur triploide Hybridtiere (*C. 1 taenia* × *2 elongatoides*) nachweisen.

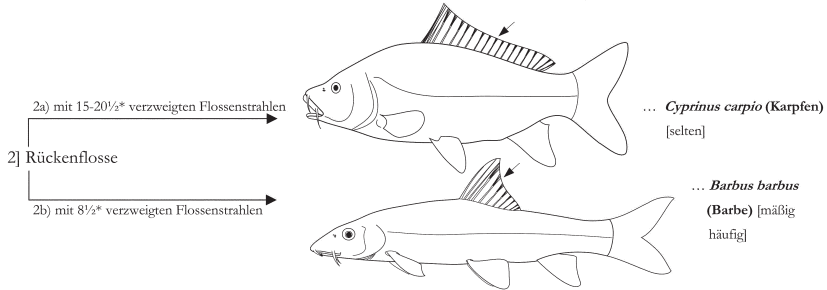
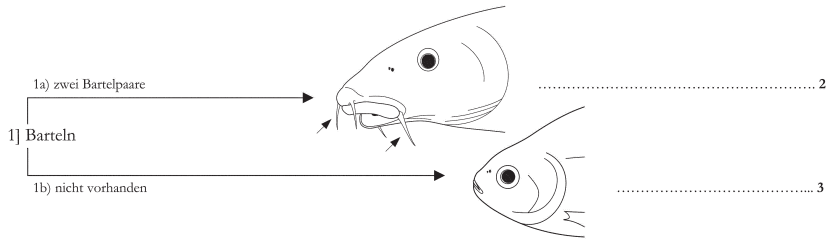


* Die lamina circularis, auch Canestrini-Schuppe genannt, ist ein knöcherner Fortsatz an der Basis des zweiten Brustflossenstrahls von männlichen Individuen. Dieses Merkmal kann nur zur Bestimmung von Männchen angewendet werden.

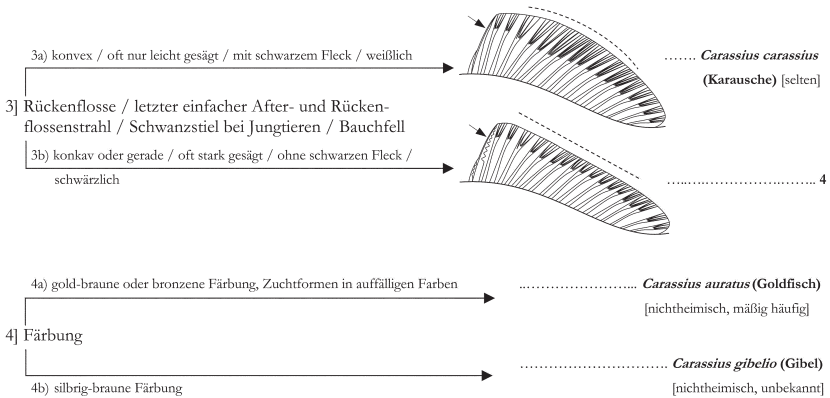
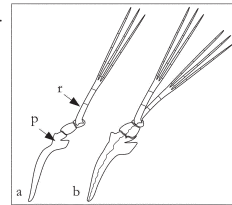


24) Cyprinidae (Karpfenfische)

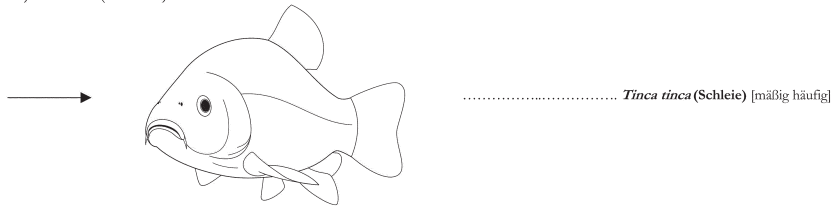
Hinweis: Die drei in Deutschland nicht einheimischen Arten *Carassius auratus*, *C. gibelio* und *C. langsdorffii* können nur anhand molekularer Merkmale unterschieden werden (FREYHOF et al. 2023). Die unten für *C. auratus* und *C. gibelio* aufgeführten Farbmerkmale sind häufig nicht zuverlässig. Der Gimbuna (*C. langsdorffii*) wurde in Deutschland bisher nur im Kührer Teich (Preetz, Schleswig-Holstein) nachgewiesen (KALOUS et al. 2013), wobei aufgrund der genannten Schwierigkeit zu erwarten ist, dass er weiter verbreitet ist und dass die drei Arten in manchen Regionen hybridisiert haben (FREYHOF et al. 2023).



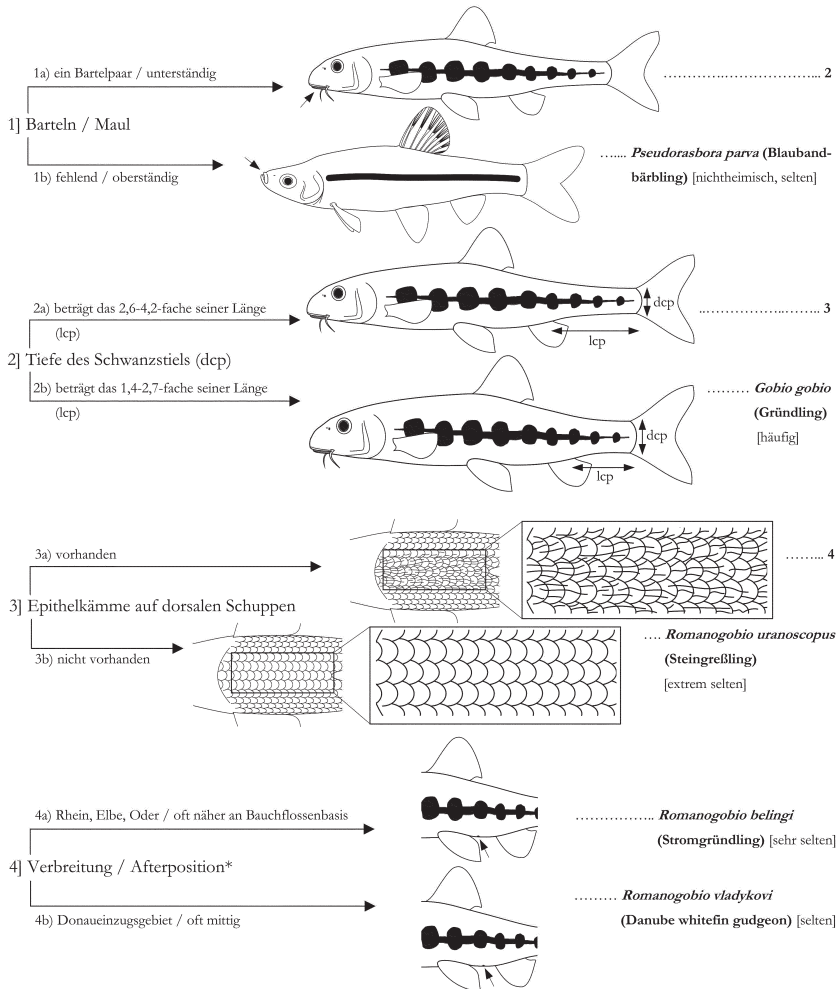
* Normalerweise trägt ein Flossenträger (Pterygiophor, p) einen Flossenstrahl (r) (rechts, (a)). 1½ verzweigte Flossenstrahlen bedeuten, dass die letzten beiden Strahlen am gleichen Pterygiophor, welches aus zwei verschmolzenen Pterygiophoren besteht, ansetzen (b). ½ Flossenstrahl wird somit immer auch als 1 vollständiger Flossenstrahl gezählt. (KOTTELAT & FREYHOF 2007, 17).



25) Tincidae (Schleien)

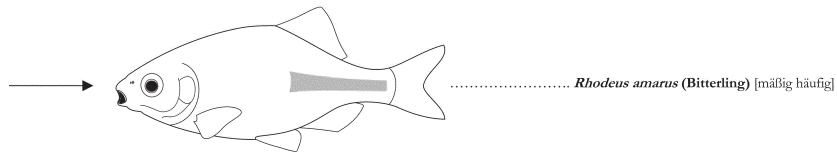


26) Gobionidae (Gründlingsverwandte)

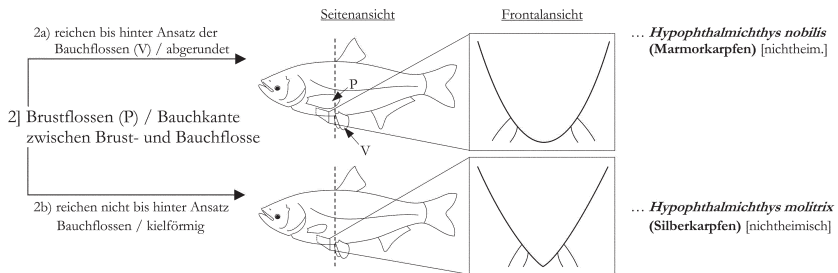
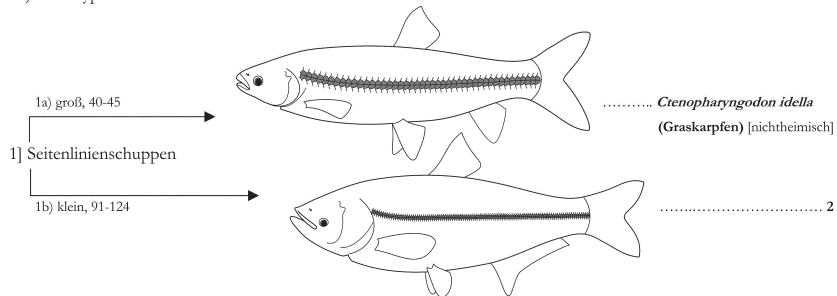


* Bei *Romanogobio belingi* und *R. nadykovi* handelt es sich um nah verwandte Arten, bei denen das Merkmal der Afterposition zwar in der Regel, nicht jedoch in allen Fällen zur eindeutigen Unterscheidung herangezogen werden kann. Es kann zu Abweichungen kommen.

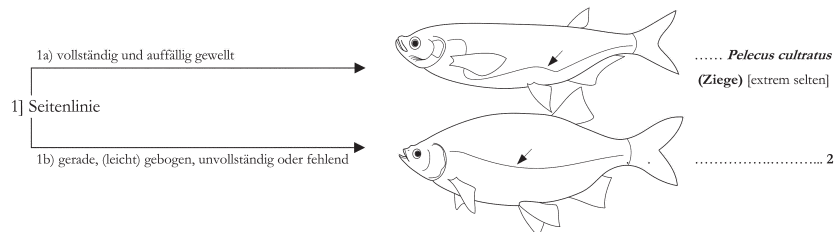
27) Acheilognathidae (Bitterlinge)



28) Xenocypridae



29) Leuciscidae (Weißfische)



2a) gerade, Unterlippe mit hornigem Überzug und scharfer Kante / nasenartig verlängert →  *Chondrostoma nasus* (Nase) [selten]

2] Maul / Schnauze

2b) Kombination von oben nicht vorhanden →  3

Seitenansicht Frontalansicht

3a) kielförmig, meist schuppenlos (wenn komplett beschuppt, dann mit 48-72 Seitenlinienschnuppen) →  4

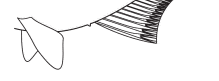
3] Bauchkante zwischen Bauch- und Afterflosse

3b) abgerundet (wenn kielförmig, dann komplett beschuppt mit 36-45 Seitenlinienschnuppen) →  13

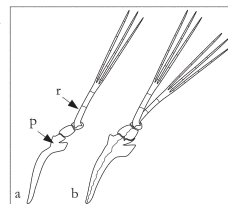
Seitenansicht Frontalansicht

4a) mit 11-23½* verzweigten Flossenstrahlen →  5

4] Afterflosse

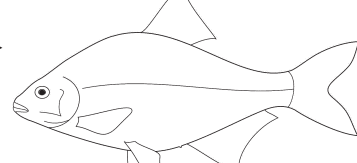
4b) mit 23-48½* verzweigten Flossenstrahlen →  11

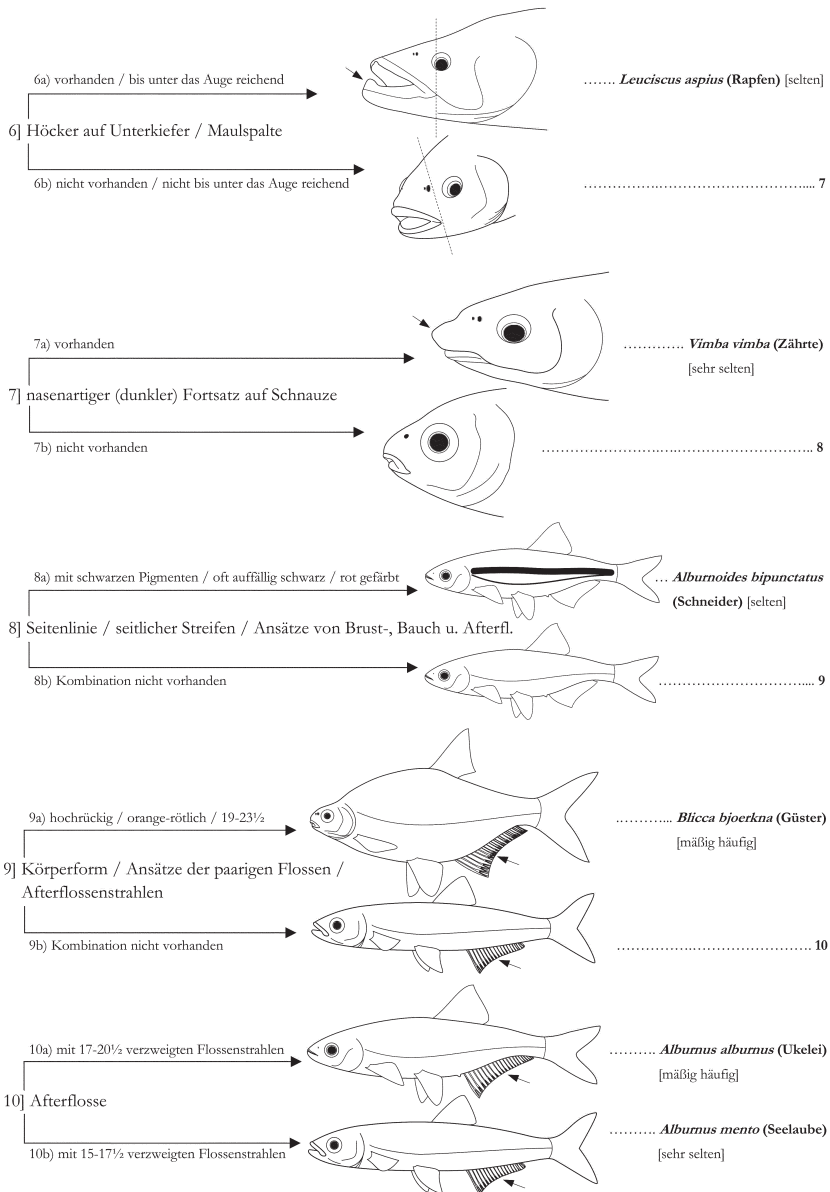
* Normalerweise trägt ein Flossenträger (Pterygiophor, p) einen Flossenstrahl (r) (rechts, (a)). 1½ verzweigte Flossenstrahlen bedeuten, dass die letzten beiden Strahlen am gleichen Pterygiophor, welches aus zwei verschmolzenen Pterygiophoren besteht, ansetzen (b). ½ Flossenstrahl wird somit immer auch als 1 vollständiger Flossenstrahl gezählt. (KOTTELAT & FREYHOF 2007, 17).

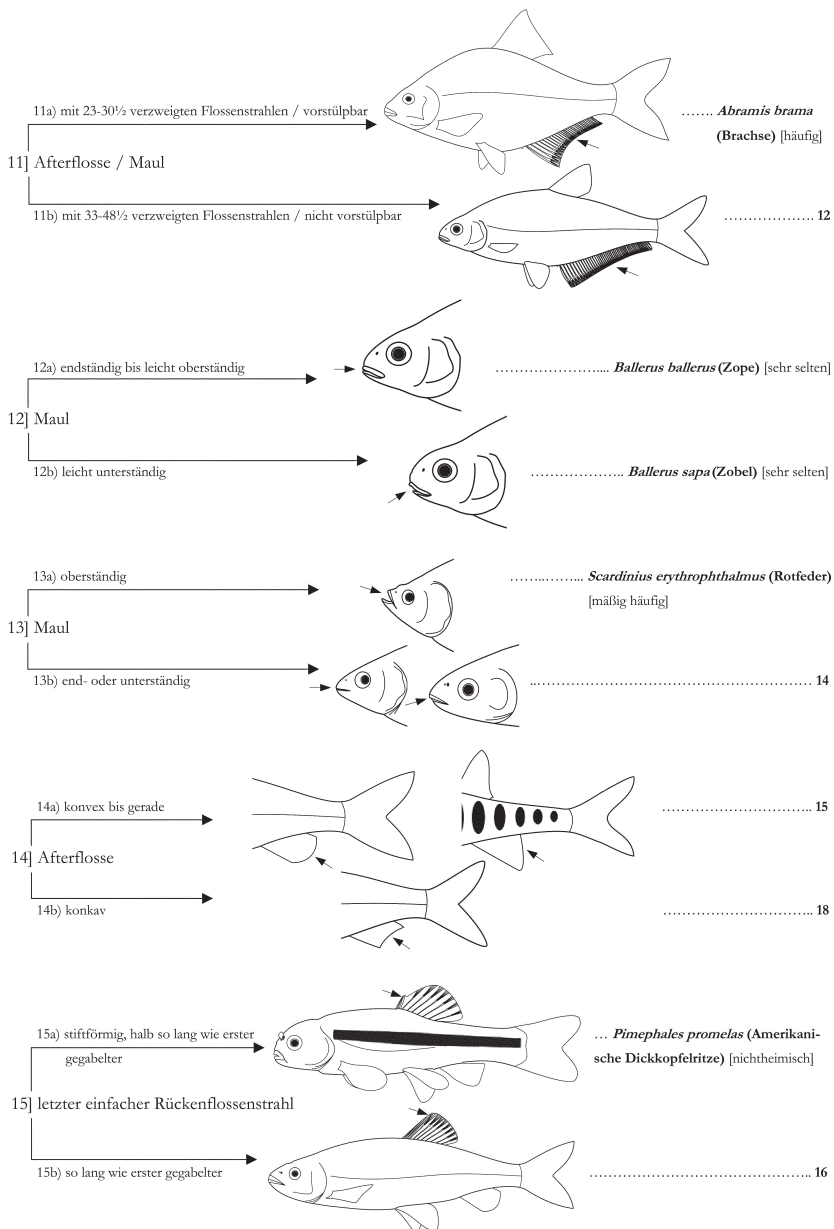


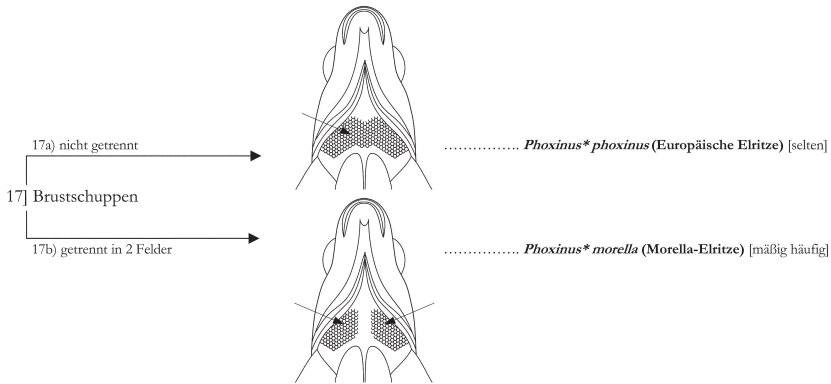
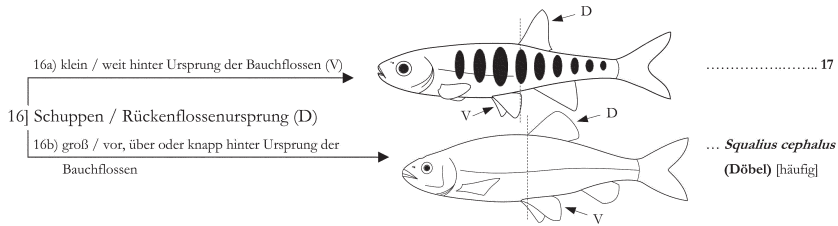
5a) unvollständig →  *Leucaspis delineatus* (Modersliessen) [mäßig häufig]

5] Seitenlinie

5b) vollständig →  6







* Basierend auf molekularen Merkmalen revidierte PALANDAČIĆ et al. (2017) die Gattung *Phoxinus*, von denen in Deutschland auch *P. csikii* (Donau-Elritze; Niederrhein), *P. marsilii* (Baltische Elritze; Oder-Einzugsgebiet), *P. phoxinus* und *P. morella* vorkommen. Leider sind aktuell noch keine äußeren morphologischen Merkmale bekannt, die zur eindeutigen Bestimmung dienen können.

