

# Morphometrische Methoden in der Buntbarschkunde

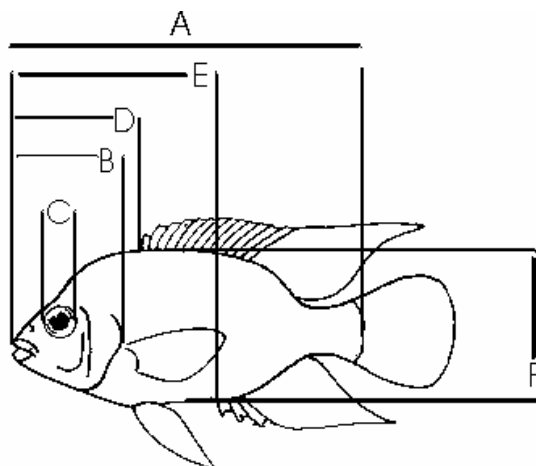
Ingo Schindler

Zur Klassifikation der Buntbarsche werden verschiedene Merkmale verwendet. Dazu zählen Charakteristika des Zeichnungsmusters und des Knochenbaus genauso wie genetische Analysen. Nach wie vor ist die wichtigste Quelle klassifizierender Merkmale jedoch die Morphologie. Im eigentlichen Sinn schließt der Begriff Morphologie den inneren und den äußeren Körperbau ein. Deshalb wird zwischen Eidonomie (äußerer Körperbau) und Anatomie (innerer Bau) unterschieden. In der Ichthyologie wird jedoch unter Morphologie meist nur die Lehre der äußeren Gestalt verstanden. Die morphologischen Merkmale lassen sich in Zählwerte (z.B. Schuppen- und Flossenstrahlen) und Meßwerte (z. B. Distanz zwischen Schnauzenspitze und Rückenflossenansatz) unterteilen. Die verschiedenen Meßwerte sollen dazu dienen die äußere Körperform der einzelnen Arten objektiv zu vergleichen. Allerdings hat sich gezeigt, daß die simple Betrachtung einfacher linearer Messungen zwischen verschiedenen Punkten problematisch ist, weil die Fischgestalt nur mangelhaft erfaßt wird. Aus diesem Grundproblem heraus wurden verschiedene neue Methoden zur Gestalterfassung entwickelt. Diese blieben in der Buntbarschkunde, obwohl sie in anderen Tiergruppen bereits weite Verbreitung gefunden haben, jedoch weitgehend unbeachtet. Im Rahmen dieser Übersicht möchte ich deshalb die wichtigsten Erfassungsmethoden kurz vorstellen. Dabei können in diesem Aufsatz die Erfassungsweisen und Auswertungsmöglichkeiten nur angerissen werden. Mathematische Grundlagen sowie zahlreiche zum Teil wertvolle Aspekte der einzelnen Methoden bleiben daher unerwähnt. Dennoch gibt dieser Überblick eine gute Vorstellung der verschiedenen Ansätze. Der zweite Teil ist einigen Methoden zur Erfassung von Zählwerten gewidmet. Im dritten Teil wird auf die Fähigkeit der Gestaltwahrnehmung und ihre Applikation in der Fischkunde eingegangen.

## I. Verfahren zum Vergleich von Körperformen

### 1. Traditionelles Meßsystem (Abbildung 1).

Diese Methode ist nicht nur die klassische, sondern die fast ausschließlich verwendete. Bei dieser wird die lineare Strecke zwischen zwei kritischen Punkten ermittelt. Üblicherweise erfolgen die Messungen mit Hilfe einer Schieblehre am konservierten Exemplar. Es haben sich verschiedene Standardmaße eingebürgert, die regelmäßig zur Charakterisierung der



Körperform Verwendung finden (siehe Abb. 1). Eine umfangreiche Beschreibung der bei Cichliden verwendeten Meßstrecken findet sich bei Kullander (1980: 51-56).

#### Abbildung 1

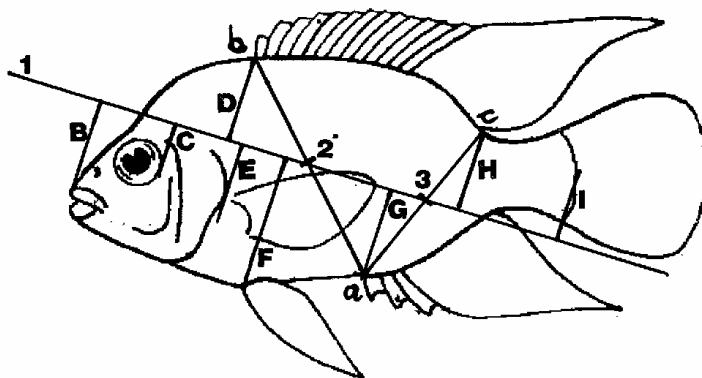
Halbschematische Darstellung eines Buntbarsches mit einigen der standardisierten Meßstrecken. A = Standardlänge; B = Kopflänge; C = Augendurchmesser; D = Prädorsallänge; E = Präanallänge; F = Körperhöhe

### Auswertung der Meßwerte

Um die einzelnen Meßwerte vergleichen zu können, werden üblicherweise verschiedene Verhältniszahlen gebildet. Die Standardlänge, die im Regelfall von der Schnauzenspitze zum Ende des Schwanzes gemessen wird, ist dabei die wichtigste Bezugsgröße (z. B. Standardlänge / Körperhöhe). Häufig werden die Verhältnisse in Prozent der Standardlänge angegeben (z. B. Körperhöhe\*100/Standardlänge). Diese scheinbar einfachen Verhältnisangaben werfen jedoch statistische Schwierigkeiten auf (Fricke 1982). Deshalb ist es günstiger das Verhältnis durch eine lineare Funktion darzustellen z. B.  $\log(\text{Standardlänge}) - \log(\text{Körperhöhe})$ . Reist (1985) hat verschiedene Auswertungsmethoden kritisch untersucht und schlägt als geeignete Adjustierung der Meßwerte eine Formel, die den Regressionskoeffizienten innerhalb der Gruppen einschließt, vor (siehe Köhler 1992).

## 2. Körperform-Meßsystem (Abbildung 2)

Wegen der Schwierigkeiten bei der Verwendung der traditionellen Standardmaße zur Beschreibung der Körperform entwickelte McCune (1981; zit. nach Fricke 1982) ein neues System zur Datengewinnung. Grundidee ist dabei eine Mittelachse mit der Hilfe dreier festgelegter Punkte zu konstruieren. Von dieser werden dann Lote zu zahlreichen charakteristischen Marken gefällt und die Distanz zwischen Mittelachse und dem jeweiligen kritischen Bezugspunkt gemessen (Fricke 1982). Die drei festen Basispunkte zur Konstruktion der Mittelachse wurden von Fricke (1982) diskutiert und modifiziert. Bei den Buntbarschen wird der Anfang (b) und das Ende (c) der Rückenflosse sowie der Ansatz der Afterflosse (a) als feste Punkte benutzt. Die Strecken ab und ac werden halbiert und durch die Mittelpunkte eine Gerade gezogen, die als Achse dient. Die Auswertung der Meßwerte erfolgt wie unter 1. beschrieben. Die Vorteile dieses Meßsystems liegen in der Erfassung zusätzlicher



Strecken, die weitere Hinweise zur Unterscheidung von Arten liefern können. Außerdem fließt mit diesem System die Körperform in die taxonomischen Auswertung ein (Fricke 1982). Die Ermittlung der Meßwerte erfolgt üblicherweise anhand einer Projektion. In der Buntbarschkunde ist dieses Verfahren weitgehend unberücksichtigt geblieben.

Abbildung 2

1 = Mittelachse; 2 = halbe Distanz zwischen a+b; 3 = halbe Distanz zwischen a+c; B - I = Beispiele für mögliche Meßstrecken (Lote).

### 3. Gitter-Netzwerk-Methode (Abbildung 3)

Bei dieser Methode, die 1982 von Strauss & Bookstein als 'body truss network' vorgestellt wurde, wird ein zellenartiges Netz über den zwei-dimensionalen Fischkörper gelegt (Köhler

1992). Die einzelnen Meßstrecken verbinden dabei stets homologe Merkmalspunkte (z. B. Ansatz der Rückenflosse). Diese Methode erlaubt es Formunterschiede nicht nur in horizontaler und vertikaler, sondern auch in diagonaler Ausrichtung zu erfassen (Corti et al. 1988). Die Ermittlung der Meßwerte erfolgt entweder direkt am Exemplar oder an einer entsprechenden Projektion. Die Auswertung der Meßwerte gestaltet sich in ähnlicher Weise wie unter 1. beschrieben. Als Bezugsgröße wird eine Meßstrecke zwischen zwei kritischen Punkten gewählt, die die Längsachse repräsentiert. Die Vorteile dieser Methode sind ähnlich denen der Körperform-Meßmethode (siehe 2.). Dieses Verfahren fand in ichthyologischen Arbeiten weite Verbreitung.

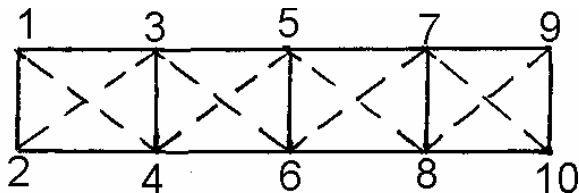


Abbildung 3a Schematische Darstellung der zellartigen Beziehung zwischen den kritischen Punkten (1-10)

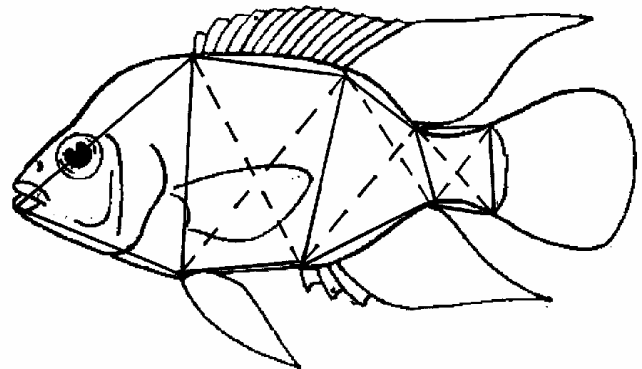
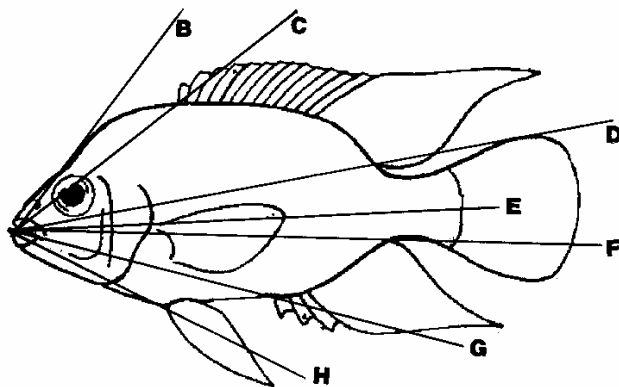


Abbildung 3b Darstellung eines möglichen Gitter-Netzwerkes 'body truss network'

### 4. Polare-Methode (Abbildung 4)

Bei dieser Methode werden die Winkel zwischen einer Grundlinie, die die Längsachse repräsentiert, und den Linien, die zu den entsprechenden kritischen Punkten führen, ermittelt (Ehlinger 1991). Außerdem wird die entsprechende lineare Distanz zwischen der Schnauzenspitze und dem jeweiligen kritischen Punkt gemessen. Die Auswertung erfolgt durch Korrelationsberechnungen zwischen Winkel und der jeweiligen zugehörigen Streckenlänge. Diese Methode erlaubt es den Gestaltwandel in der ontologischen Entwicklung zu erfassen (siehe Abb. 4 a). Die Ermittlung der Winkel und Meßstrecken erfolgt anhand einer zwei-dimensionalen Projektion.



Die Auswertung erfolgt durch Korrelationsberechnungen zwischen Winkel und der jeweiligen zugehörigen Streckenlänge. Diese Methode erlaubt es den Gestaltwandel in der ontologischen Entwicklung zu erfassen (siehe Abb. 4 a). Die Ermittlung der Winkel und Meßstrecken erfolgt anhand einer zwei-dimensionalen Projektion.

Abbildung 4a

Darstellung der kritischen Linien zur Winkel- und Streckenmessung. E = Grundlinie (null Grad)

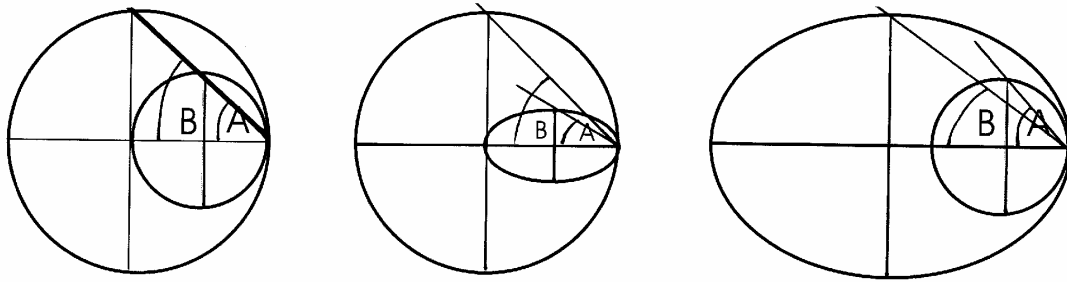


Abbildung 4b-d

Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen den Veränderungen von Winkel und Meßstreckenlänge. Von Links nach Rechts: isometrisches Wachstum (nur die Länge der Meßstrecke wird größer, der Winkel bleibt unverändert), positives allometrisches Wachstum (Länge und Winkel werden größer), negatives allometrisches Wachstum (Länge wird größer und der Winkel verringert sich).

## 5. Koordinaten-Basierende-Methode (Abbildung 5)

Diese neueste oft als revolutionäre Methode bezeichnete Entwicklung („geometric morphometrics“) vereint verschiedene Vorteile (Rohlf & Marcus 1993). Die vergleichsweise einfach zu ermittelnden Daten erlauben es nicht nur die Körperform anhand homologer Merkmalspunkte zu erfassen, um damit Hinweise zur Artunterscheidung zu liefern, sondern ermöglichen darüber hinaus die Ontogenie und Phylogenie der Körperform zu rekonstruieren. Die Methode basiert darauf die räumlichen Beziehungen der mit Bedacht festgelegten Merkmalspunkte mathematisch zu erfassen. Dazu werden die Koordinaten dieser Punkte anhand einer Projektion des zu untersuchenden Exemplars ermittelt. Diese Rohkoordinaten werden – je nach Bedarf – in Gestaltkoordinaten („Bookstein shape coordinates“) transformiert. Wobei eine Basislinie zwischen zwei Punkten festgelegt werden muß (z. B. Punkt 1 und 6 in Abbildung 5). Diese Basispunkte erhalten dann einheitlich die Koordinaten 0,0 bzw 1,0. Alle weiteren neuen Koordinaten richten sich in der jeweiligen räumlichen Relation daran aus (Schaefer 1997). Als Größenwert wird das Zentroid (centroid size) berechnet. Die Auswertung der Daten erfolgt anhand von „Relative Warp Scores“, die vergleichbar den Faktorenwerten einer Hauptkomponentenanalyse sind. Anhand dieser kann dann eine Diskriminierung verschiedener Arten vorgenommen werden (Schaefer 1997). Darüber hinaus ist es mit „Partial Warp Scores“ möglich die Formwandlung in der Entwicklung zu Rekonstruieren (Reis et al. 1998) und phylogenetische Analysen vorzunehmen (Swiderski et al. 2000). Diese Methode ist sehr vielseitig und ermöglicht zahlreiche und interessante Anwendungen. Die Verwendung in der Buntbarschkunde befindet sich jedoch noch am Anfang.

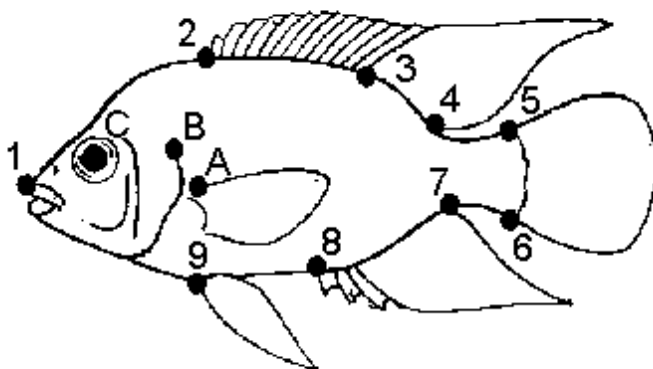


Abbildung 5

Mögliche kritische Merkmalspunkte (landmarks). 1 = Schnauzenspitze, 2 = Ansatz der Rückenflosse, 3 = Ende des hartstrahligen Teiles der Rückenflosse, 4 = Ende der Rückenflosse, 5 = oberes Ende des Schwanzstiels, 6 = unteres Ende des Schwanzstiels, 7 = Ende der Afterflosse, 8 = Ansatz der Afterflosse, 9 = Ansatz der Bauchflosse, A = dorsaler Ansatz der Brustflosse, B = dorsales Ende des äußeren Kiemendeckels, C = Zentrum des Auges.

## 6. Fourier-Gestaltanalyse (Abbildung 6)

Die Fourier-Analyse (EFA) basiert darauf den Körperumriß als Wellensignal zu betrachten. Die Fourier-Transformation zerlegt dieses Signal in ebene Wellen (Harmonien). Je nachdem wie viele Punkte zur Erfassung des Körperumrisses verwendet werden (ca. 200 bis 500 Punkte), hat es sich gezeigt, daß etwa acht bis zehn Harmonien notwendig sind, um die Körperform einigermaßen authentisch zu rekonstruieren. Da jede Harmonie durch vier Fourier-Koeffizienten repräsentiert wird, ergeben sich  $4 \cdot 8$  bzw.  $4 \cdot 10$  neue Zahlenwerte, die mit einer Hauptkomponentenanalyse weiter reduziert werden können (Ferson et al. 1985). Aufgrund fehlender Homologie der Punkte ist diese Methode in der zoologischen Systematik nicht unumstritten. Hinzu kommt, daß eine große Zahl von Exemplaren erfaßt werden muß, um eine Hauptkomponentenanalyse zu rechtfertigen. Bisher hat diese Methode nur in der Gestaltanalyse von Otolithen weite Verbreitung erfahren (Campana & Casselman 1993). Soweit mir bekannt ist, wurde sie noch nicht zum Vergleich von Körperformen innerhalb der Buntbarsche verwendet.

Abbildung 6a Fourier-Analyse.

Links = ursprüngliches Signal,

Rechts = ausmachende Sinusoide der unterschiedlichen Frequenzen.

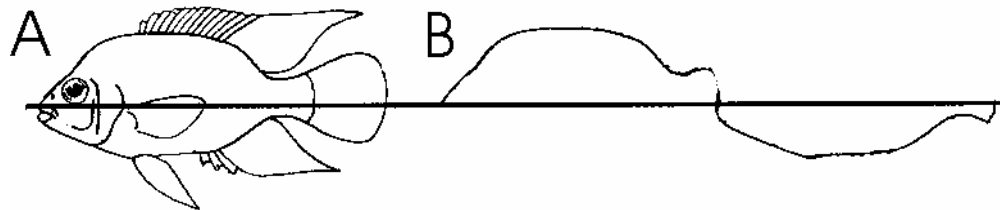
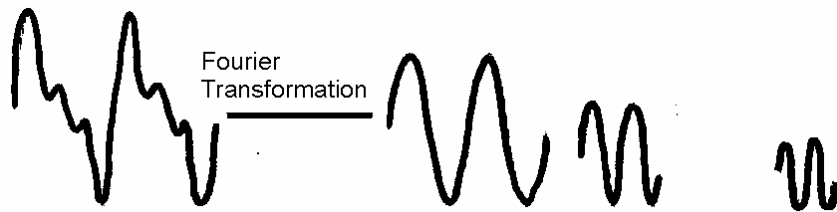


Abbildung 6b

A = Darstellung eines Buntbarsches, B = schematische Darstellung der Wellenform aus dem Körperumriß.

## 7. Heckels Ichthyometer

Bereits 1840 veröffentlichte Heckel seine Studien über die von Natterer in Südamerika gesammelten Buntbarsche. Die Akribie und Ausführlichkeit setzte Maßstäbe in der Buntbarsch-Systematik. Nachfolgende Autoren erreichten kaum diese Präzision. Und selbst in der heutigen Zeit finden sich zahlreiche Erstbeschreibungen, die lange nicht das Niveau der Heckelschen Arbeit nahekomen. Heckel (1840) entwickelte eine Zahlen-Diagnose, die es ermöglicht die Form des Fisches „abzubilden“ um eine Rekonstruktion des Körperumrisses zu ermöglichen. Dieses Ichthyometer ist eine Zahlentabelle, die ohne Detailkenntnisse allerdings kaum zu verstehen ist. Leider ist diese ausgezeichnete Idee aus einer Art Winkel- und Längenmessungen mit der Hilfe von Zirkel und Goniometer (Winkelmeßgerät) die Körperform in Zahlen zu bannen nach Heckel in Vergessenheit geraten. Erst Ludwig (1996) beschreibt die Vorgehensweise mit Heckels Worten erneut. Angesichts der neueren Koordinaten-Methode kommt die Wiederentdeckung dieses genialen Konzeptes jedoch möglicherweise zu spät, um nochmals verwendet zu werden.

## 8. Schablonen-Methode (Abbildung 7)

Dieses Verfahren wurde von Harder (1994) eingeführt und ausführlich beschrieben. Es dient zur Bestimmung von Fischarten, ohne daß Messungen vorgenommen werden müssen. Die fraglichen Exemplare werden auf Millimeterpapier fotografiert und anschließend die Konturen und kritischen Punkte auf durchsichtige Folie nachgezeichnet. Zum Vergleich werden diese Schablonen übereinander projiziert. Um eine Klassifizierung vorzunehmen, werden die Schablonen der zu bestimmenden Exemplare mit Schablonen von bekannten Arten verglichen. Wenn sich dabei eine Deckung der Konturen und der kritischen Punkte ergibt, kann angenommen werden, daß Artgleichheit der Fische vorhanden ist. Da keine mathematisch verwertbaren Daten gewonnen werden, sind die Ergebnisse nicht überprüfbar. Außerdem ist eine einfache Gestaltwahrnehmung und Artbestimmung oft auch ohne Schablonen möglich (siehe unter Gestaltwahrnehmung).

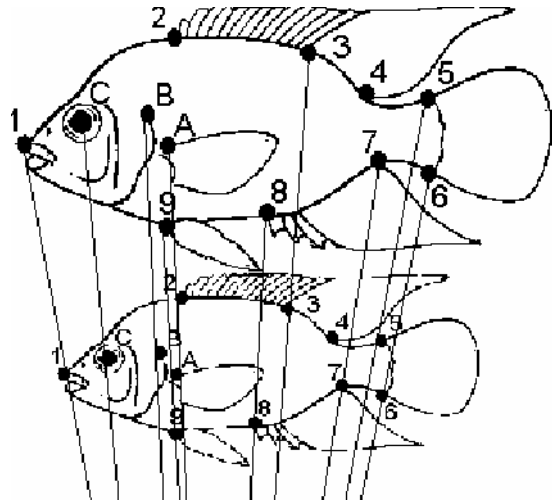


Abbildung 7

Projektion von zwei Schablonen (Folien). Die obere soll eine bekannte Cichliden-Art darstellen und die darüber gehaltene ein zu bestimmendes Exemplar. Die beispielhaft eingezeichneten Linien zeigen in die Richtung des Betrachters. In diesem Fall stimmen alle Punkte überein.

## II. Zählwerte

Da die Zählwerte von verschiedenen Autoren (z. B. Thorpe 1985) ebenfalls zu den morphometrischen Merkmalen gezählt werden, soll auch hier auf diese kurz eingegangen werden. Bei den Buntbarschen gibt es – sieht man von Merkmalen des Zeichnungsmusters ab – mit den Schuppen und den Flossenstrahlen nur zwei verschiedene Komplexe.

### 1. Schuppen (Abbildung 8)

Da die Buntbarsche vollständig beschuppt sind (Körper, Kopf, Flossen), wurden eine ganze Reihe von verschiedenen Zählwerten (u. a. Zahl der Schuppen auf den Flossen, auf dem Kiemendeckeln) in der taxonomischen Literatur benutzt. Der Aussagewert einiger Schuppenzählwerte ist jedoch stark eingeschränkt, so daß hier nur auf den in der Buntbarsch-Systematik unverzichtbaren Zählwert der Schuppen in der Längsreihe eingegangen wird. Kullander (1980) hat unterschiedliche Varianten diskutiert. Er schlägt als günstige Zählweise vor die Schuppen entlang der Reihe (Reihe E1 in Abb. 8) über der unteren Seitenlinie (= ULL in Abb. 8) zu benutzen. Andere Autoren (z. B. Stiassny 1989) zählen die Schuppen entlang der Linea Lateralis (OLL + ULL + den zwischen diesen liegenden Schuppen). 1990 hat Kullander darüber hinaus ein System eingeführt, daß es ermöglicht die Schuppenlängsreihen zu benennen. Als „Null-Linie“ wird dabei die Reihe der unteren Seitenlinie bezeichnet. Alle Reihen darüber erhalten die Bezeichnung E1, E2 usw., die unterhalb der „Null-Linie“ werden H1, H2 usw. genannt (vgl. Abb. 8). Die Reihe E1 entspricht somit der gängigen Referenzreihe, deren Schuppen gezählt und zwischen den Arten verglichen werden können.

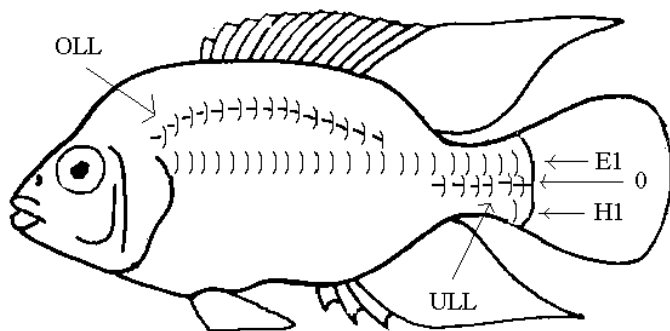


Abbildung 8

OLL=obere linea lateralis; ULL= untere linea lateralis; 0="Null-Linie"; E1=erste Reihe über der ULL; H1=erste Reihe unter der ULL.

## 2. Flossenstrahlen (Abbildung 9)

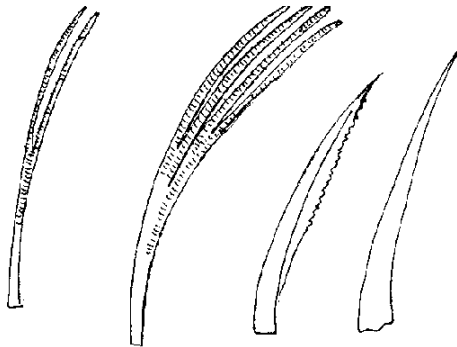


Abbildung 9

Verschiedene Arten von Flossenstrahlen. Von Links nach Rechts: Weichstrahl; doppelt geteilter Weichstrahl, sekundär verhärteter Weichstrahl (kommt bei Buntbarschen nicht vor), der häufig auch als Stachel bezeichnet wird; Stachelstrahl.

Die Zahl der Flossenstrahlen bildet den zweiten wichtigen Komplex der meristischen Werte. Es kann dabei zwischen Hartstrahlen (Stachel) und Weichstrahlen (auch einfach als Strahlen bezeichnet) unterschieden werden. In Beschreibungen werden die Stachel mit römischen Zahlen und die Weichstrahlen mit arabischen Zahlen notiert. Die Flossenstrahlformel III,17 bedeutet also, daß der entsprechende Fisch drei Stachelstrahlen und 17 Weichstrahlen besitzt. Selten vorkommende ungeteilte Weichstrahlen können mit kleinen römischen Zahlen kenntlich gemacht werden (Beispiel XVII,12,i = 17 Hartstrahlen, 12 Weichstrahlen und ein ungeteilter Weichstrahl). Ein verfeinertes Zählsystem mit der Unterscheidung weiterer Flossenstrahlentypen findet sich bei Fricke (1983).

## III. Gestaltwahrnehmung

Die Fähigkeit, die es uns erlaubt auch ohne Messungen oder aufwendige Computer-Anwendungen Fische wie auch andere Gegenstände, Bilder oder Musik zu erkennen bzw. zu bestimmen ist die Gestaltwahrnehmung. Diese vielleicht erstaunlichste Fertigkeit unserer Wahrnehmung ist die Möglichkeit Ganzheiten und Muster zu bilden, indem unvollständige Konturen ergänzt und kombiniert werden. Wir erkennen z. B. Buchstaben unabhängig von der verwendeten Schriftart. Durch das Phänomen der Gestaltwahrnehmung (Gestalterkennung) wird es möglich intuitiv eine Klassifizierung von Fischen vorzunehmen (Schneidewind 1995), auch wenn nicht jedes Teil des Fisches untersucht und vermessen wurde. Dadurch wird es auch ohne taxonomische Detailkenntnisse einem geübten Fischpfleger, der sich anhand von Fotos oder eigener Anschauung sachkundig gemacht hat, nicht schwer fallen, schon beim ersten Anblick eines neuen Fisches unwillkürlich Analogien zu erkennen, die zur

Bestimmung der Fischart führen (Schneidewind 1995). Dabei muß die Determinierung insbesondere auf Art-Niveau (gerade bei sehr ähnlichen Schwesterarten) natürlich nicht immer richtig sein. Die Gestalterkennung kann jedoch durch Informationen über die wahrzunehmenden Gestalten (Fischarten) trainiert und beeinflußt werden (Vollmer 1990).

Auf die Rolle der Gestaltwahrnehmung für die Wissenschaft hat Lorenz (1959; zit. nach Vollmer 1990) aufmerksam gemacht. „Die Gestaltwahrnehmung ist ein Verrechnungsapparat, der an Komplexität und Leistung jede vom Menschen gemachte Rechenmaschine bei weitem übertrifft“ (Lorenz 1978). Die neuesten Entwicklungen in der Rechnertechnik relativieren diese Aussage jedoch. Die große Stärke der Gestaltwahrnehmung bleibt allerdings darin begründet Gesetzmäßigkeiten in den Wechselbeziehungen unzähliger Einzeldaten abstrahieren zu können. Eine weitere wesentliche Stärke liegt in ihrem langzeitigen Gedächtnis. Die Gestaltwahrnehmung ermöglicht es Konfigurationen von Merkmalen fast ein Leben lang festzuhalten und von zufälligen Hintergrundreizen zu unterscheiden. Durch sie wird unser vollkommendes Bild der „Wirklichkeit“ aufgebaut. „Sie ist damit eine ebenso legitime Quelle wissenschaftlicher Erkenntnis wie jede andere an diesem System beteiligte Leistung“ (Lorenz 1959; zit. nach Vollmer 1990).

Unsere Wahrnehmung erfaßt jedoch immer nur Relationen und Konfigurationen und niemals absolute Werte (Lorenz 1978). Es ist daher entscheidend, daß das durch Gestaltwahrnehmung „Gesehene“ nachträglich durch Beschreibung objektiviert wird (Bässler 1991). Bei dieser Beschreibung ist allerdings nur das erfassbar, was mit Meßgeräten ermittelt werden kann. Hinzu kommt, daß auch die neuesten Erfassungsmethoden (siehe oben) in Verbindung mit den ausgeklügeltesten statistischen Auswertungsverfahren nicht die Übersummativität (das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile) erfassen können. Dennoch bleibt es unverzichtbar Aussagen wie etwa „diese Art ist hochrückiger als die andere“ mit Meßwerten (oder anderen Erfassungsmethoden; siehe oben) zu belegen und dadurch nachprüfbar zu machen. Denn ein wesentlicher Schwachpunkt der Gestaltwahrnehmung ist, daß man gerne sieht, was man sehen will (Lamprecht 1992). Dies macht sie als Beweismittel unzuverlässig.

#### Literatur:

Bässler, U. (1991): Irrtum und Erkenntnis. Springer. Campana, S. E. & J. M. Casselman (1993): Stock discrimination using Otolith shape analysis. *Can. J. Aquat. Sci.* 50: 1062-1083. Corti, M., R. S. Thorpe, L. Sola, V. Sbordoni & S. Cataudella (1988): Multivariate morphometrics in aquaculture – A case study of six stocks of the Common Carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1548-1554. Ehlinger, T. J. (1991): Allometry and analysis of morphometric variation in the Bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Copeia* 1991 (2): 347-357. Ferson, S., F. J. Rohlf & R. K. Koehn (1985): Measuring shape variation of two-dimensional outlines. *Syst. Zool.* 34(1): 59-68. Fricke, R. (1982): Modifizierung und Anwendung von McCunes Körperform-Meßsystem für rezente benthische Fische (Pisces). *Braunsch. Naturk. Schr.* 1: 533-559. Fricke, R. (1983): A method for counting Caudal fin rays of Actinopterygian fishes. *Braunsch. Naturk. Schr.* 1(4): 729-733. Harder, W. (1994): A new method to identify fish species. *Z. Fischk.* 2(2): 151-165. Heckel, J. (1840): Jahann Natterers neue Flussfische Brasiliens. Erste Abteilung: die Labroiden. *Ann. Wiener Mus. Naturgesch.* 2: 326-470. Köhler, C. (1992): Morphologische Untersuchungen zur intraspezifischen Variabilität des Rotauges, *Rutilus rutilus* (L.), aus dem Rhein. *Fischökologie* 6: 43-67. Kullander, S. O. (1980): A taxonomical study of the genus *Apistogramma* Regan. *Bonn. Zool. Monograph.* 14. Kullander, S. O. (1990): *Mazarunia mazarunii*, a new genus and species from Guyana. *Ichthyl. Explor. Freshwaters* 1(1): 3-14. Lamprecht, J. (1992): *Biologische Forschung. Parey Studentexte* 74. Lorenz, K. (1978): *Vergleichende Verhaltensforschung.* Springer. Ludwig, P. (1996): Anmerkungen zur Beschreibung von *symphysodon discus*. *Datz-Sonderheft Diskus*: 8-9. Paepke, H.-J. (1985): Segelflosser. *Abb. 2. Neue Brehm-Bücherei* 519. Reis, R. E., M. L. Zelditch & W. L. Fink (1998): Ontogenetic allometry of body shape in the neotropical Catfish *Callichthys* (Teleostei: Siluriformes). *Copeia* 1998(1): 177-182. Reist, J. D. (1985): An empirical evaluation of several univariate methods that adjust for size variation in morphometric data. *Can. J. Zool.* 63(2): 1429-1439. Rohlf, F. J. & L. F. Marcus (1993): A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.* 8(4): 129-132. Schaefer, S. A. (1997): The

neotropical cascudinhos. Proc. Acad. Nat. Hist. Philadelphia 148: 1-120. Schneidewind, F. (1995): Kennen Sie sich mit Fischen aus. A.heute 13:4. Stiassny, M. (1989): A taxonomic revision of the african genus Tylochromis. Kon. Mus. Midd.-Afrika. Nr. 258. Strauss, R. E. & F. L. Bookstein (1982): The truss: body form reconstruction in morphometrics. Syst. Zool. 31: 113-135. Swiderski, D. L., M. L. Zelditch & W. L. Fink (2000): Phylogenetic analyses of skull shape evolution in marmotine Squirrels using landmarks and thin-plate splines. Thorpe, R. S. (1985): Character number and the multivariate analysis. Syst. Zool. 34(2): 127-139. Vollmer, G.(1990): Evolutionäre Erkenntnistheorie. Wissenschaftl.Verlagsges., Stuttgart. (Die Titel wurden teilweise gekürzt)

ingoschindler@web.de