

Identifizierung der Welsart in Filetware durch Protein- und DNA-Analyse

Identification of the Catfish Species in case of Fillets by Protein- and DNA-Analysis

Hartmut Rehbein

Max Rubner – Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Palmaille 9, 22767 Hamburg

Zusammenfassung

Zur Identifizierung der folgenden vier Welsarten bzw. zwei Hybriden (*Clarias gariepinus*, *Pangasius hypophthalmus*, *Pseudoplatystoma* spp., *Silurus glanis*, Claresse® und Melander®) wurden die isoelektrische Fokussierung (IEF) der wasserlöslichen Muskelproteine und die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) zur Vervielfältigung und Sequenzierung eines Abschnittes aus dem Cytochrom b – Gen eingesetzt. Die IEF ergab artspezifische Proteinmuster mit hitzestabilen Proteinbanden im anodalen Gelbereich. Der afrikanische Wels (*C. gariepinus*) und das Hybriderzeugnis Melander® wiesen das gleiche Proteinmuster auf.

Mittels DNA-Analyse ließen sich die Welsarten anhand ihrer Cytochrom b Gensequenzen eindeutig identifizieren. Auch hier zeigte der Welshybrid Melander® ein identisches Ergebnis wie der afrikanische Wels. Die Schwierigkeiten der Identifizierung von Tigerwelsen südamerikanischer Herkunft aus der Gattung *Pseudoplatystoma* werden diskutiert.

Abstract

Isoelectric focusing (IEF) of water soluble proteins and PCR-based DNA- analysis were used to differentiate between four catfish species (*Clarias gariepinus*, *Pangasius hypophthalmus*, *Pseudoplatystoma* spp., *Silurus glanis*) and two hybrids Claresse® and Melander®.

Specific protein patterns have been obtained for all species and Claresse®, but in case of Melander® the identical pattern was observed as for the African catfish *Clarias gariepinus*.

By sequencing the PCR products and application of BLAST, authenticity of the different catfish samples was confirmed. The cytochrome b gene sequences of Melander® and African catfish were identical. The difficulties of identifying catfishes of the genus *Pseudoplatystoma* are discussed.

Einleitung

An dem stark wachsenden Beitrag der Aquakultur zur Versorgung der Weltbevölkerung mit Fischerzeugnissen haben Welse (Ordnung: Siluriformes) einen nicht unerheblichen Anteil (FAO 2010). Von den etwa 3000 im Meer und Süßwasser lebenden Welsarten hat in Deutschland der Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*) den größten Marktanteil, aber auch andere Welsarten bzw. Welshybride finden zunehmendes Interesse bei den Fischzüchtern sowie beim Handel und Verbraucher (Na-Nakorn und Brummett 2009).

Neben dem heimischen europäischen Wels, auch Waller (*Silurus glanis*) genannt, sind auf dem deutschen Markt zurzeit noch der afrikanische Wels (*Clarias gariepinus*), Tigerwelse (*Pseudoplatystoma* spp.) aus Südamerika, sowie der Welshybrid Claresse®

erhältlich. Aus einem weiteren Welshybrid mit dem Namen Melander® wurde eine Reihe von Produkten (Räucherfisch, Fischwürste, Fischpastete) entwickelt (<http://www.melander.ch>).

In den USA wird neben Pangasius hauptsächlich der amerikanische Wels (*Ictalurus punctatus*) konsumiert, der allerdings bei uns kaum auf dem Markt zu finden ist.

Die Erzeugnisse aus den einzelnen Welsarten können unterschiedliche sensorische Eigenschaften aufweisen, in Abhängigkeit von der Fischart und den Aufzuchtbedingungen. Gemeinsam sind allen Welsarten ein festes, grätenfreies Filet und ein neutraler Geschmack (Manthey et al. 1988).

Bedauerlicherweise wurde *Pangasius* gelegentlich auch unter falschem Namen als Ersatz für teure Fische wie beispielsweise Seezunge (*Solea solea*) verkauft (Filonzi et al. 2010; CVUA Karlsruhe 2006). Darüber hinaus wurden auch Produkte auf dem Markt entdeckt, die nicht die deklarierte Welsart (Asiatischer Rotflossenswels, *Hemibagrus wyckioides*) enthielten, sondern aus dem preisgünstigeren *Pangasius* hergestellt worden waren (Rehbein et al. 2011).

Vor diesem Hintergrund wurden im Max Rubner-Institut kürzlich Protein- und DNA-analytische Methoden zur Identifizierung der Welsart in Erzeugnissen etabliert, über die im Folgenden berichtet wird.

Material und Methoden

Fischproben:

Afrikanische Welse (*Clarias gariepinus*) wurden als Ganzfisch von der Firma „Bioenergie Lüchow GmbH & Co. KG“ mit Sitz in Lüchow/Altkalen bezogen; die europäischen Welse (*Silurus glanis*) lieferte die Firma „Fischerei Müritz-Plau GmbH“ in Waren/Müritz. Ganzfische und Filets des Tigerwelses (*Pseudoplatystoma* spp.) stammten aus dem Handel; TK-Filets von Claresse®, einem Welshybrid aus niederländischer Aquakultur wurden über den Großhandel bezogen.

Ganzfisch und Filets des Welshybrids Melander® wurden von der Firma Ha-Ra® International AG (Schaan/Schweiz) zur Verfügung gestellt. *Pangasius*filet stammte aus den Beständen des Instituts (Rehbein et al. 2011).

Analysenmethoden:

1. Die Messung des Hämingehaltes der Filets erfolgte photometrisch bei einer Wellenlänge von 540 nm nach Extraktion des Hämins mit Aceton/Salzsäure (Hornsey, 1956). Als Eichsubstanz diente Häm (SERVA, Heidelberg).

2. Zur Speziesidentifizierung wurde die isoelektrische Fokussierung (IEF) der wasserlöslichen Proteine aus Fischfilet nach der amtlichen Methode § 64 LFGB, L11.00/6, Untersuchung von Lebensmitteln - Nachweis der Fischart bei nativem Muskelfleisch mit Hilfe der isoelektrischen Fokussierung (PAGIF), durchgeführt. Dazu wurden 5 g helle Muskulatur mit der dreifachen Menge destillierten Wassers extrahiert. Ein Teil der Extrakte wurde 15 min auf 80 °C erhitzt, anschließend wurde koaguliertes Protein durch Zentrifugation abgetrennt.

Die wasserlöslichen Proteine wurden mit Polyacrylamid-Fertiggelen, Servalyt Precotes® 3-10 (SERVA), aufgetrennt und anschließend mit Coomassie-Farbstoff (SERVA Violett 17) angefärbt.

Tabelle 1: Welsarten auf dem deutschen Markt.

Table 1: Catfish species on the German market.

Lateinischer Name	Deutsche Handelsbezeichnung	Englischer Name	Einträge in GenBank (Gene)
<i>Ictalurus punctatus</i>	Wels, Zwergwels, Amerikanischer Wels	Channel catfish	Cytochrom b (Cyt b), Cytochrom Oxidase Untereinheit I (COI)
<i>Clarias gariepinus</i>	Wels, Afrikanischer Wels	North African catfish	Cyt b, COI
<i>Clarias macrocephalus</i>	Großkopfwels		Cyt b, COI
<i>Silurus glanis</i>	Wels, Waller, Weller	European catfish	Cyt b, COI
<i>Pangasius hypophthalmus</i>	Pangasius, Schlankwels	Pangasius, striped catfish	Cyt b, COI
<i>Pseudoplatystoma</i> spp.	Tigerwels, Pintado	Sorubim	Cyt b, COI
<i>Pseudoplatystoma</i> spp. x <i>Leiarius marmoratus</i>	Tigerwelskreuzung	Sorubim X Sailfin pimeloid	--- ^{a)}
<i>Heterobranchus longifilis</i> x <i>Clarias gariepinus</i>	Afrikanischer Welshybrid, Claresse®	Sampa x North African catfish	--- ^{a)}
<i>Clarias gariepinus</i> x ???	Melander®	---	--- ^{a)}

^{a)} keine Angaben, da Hybride

Zur Berechnung der isoelektrischen Punkte (pI-Werte) wurden die Positionen der Welsproteine in dem IEF-Gel mit den Positionen von Markerproteinen (IEF Marker 3-10, SERVA) verglichen (Altinelataman et al. 2009).

3. Polymerase-Kettenreaktion (PCR) - basierte DNA-Analyse: Aus den mitochondrialen tRNAGlu/Cytochrom b – Genen wurde ein Segment von 464 Basenpaaren vervielfältigt und anschließend sequenziert (Schiefenhövel und Rehbein 2011). Die so erhaltenen Sequenzen wurden mittels BLAST (basic local assignment search tool) untereinander und mit Sequenzen in GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Deutschland hauptsächlich gehandelten Welse (Tabelle 1) gehören verschiedenen Familien aus der Unterordnung Siluroidei an. Der europäische Wels, *Silurus glanis*, ist ein Vertreter der Familie der echten Welse (Siluridae), der afrikanische Wels (*Clarias gariepinus*) gehört in die Familie der Kiemensackwelse (Clariidae) und der Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*) zählt zu den Haiwelsen (Pangasiidae).

Der Hybrid Claresse® ist eine Kreuzung der Welsarten *Heterobranchus longifilis* x *Clarias gariepinus*, während dem Hybrid Melander® die Art *Clarias gariepinus* als ein Elternteil zuzuordnen ist.

Hämingehalte der Filets

Die im Handel erhältlichen Welsfilets sind von unterschiedlicher Farbe. Im rohen Zustand sehen Filets des europäischen Welses und Pangasius weißlich-opaque aus, während Claresse®-Filets leicht rötlich gefärbt

sind und der afrikanische Wels sowie Melander® rotfleischige Filets besitzen. Das Aussehen der Filets wird wesentlich durch den unterschiedlichen Gehalt des Hämproteins Myoglobin bestimmt, wie die Hämingehalte der Tabelle 2 verdeutlichen. Allerdings lässt sich die Fleischfarbe von Fischen auch durch Futterzusätze und Kohlenmonoxid-Behandlung (Schubring 2009) beeinflussen. Pangasiusfilets aus Vietnam sind in den Farben Weiß, Gelb und Pink erhältlich (Klinkhardt 2011).

Im Filet von Barramundi (*Lates calcarifer*) und Red Tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) ermittelten Thiansilakul et al. (2010) mit der Methode nach Hornsey (1956) Hämingehalte von 8,0 bzw. 6,5 mg/100g Werte, die im Bereich des afrikanischen Welses liegen.

Differenzierung von Welsen durch IEF der sarkoplasmatischen Proteine

Als schnell durchzuführende und wenig aufwändige Methode zur Bestimmung der Fischart in unbehandelten Filets ist die IEF der wasserlöslichen Muskeleiweiße (sarkoplasmatische Proteine) in der Lebensmittelüberwachung auch heute noch aktuell (CVUA Karlsruhe 2006; LGL 2010). Die Abbildung 1 zeigt die Proteinmuster der untersuchten Welsfilets. Afrikanischer Wels, europäischer Wels, Pangasius und Tigerwels unterschieden sich deutlich voneinander; auch der Claresse® zeigte ein spezifisches Proteinmuster.

Frühere Untersuchungen ergaben, dass das Proteinmuster des amerikanischen Welses ebenfalls deutlich zu den Mustern des afrikanischen und europäischen Welses differierte (Manthey et al. 1988).

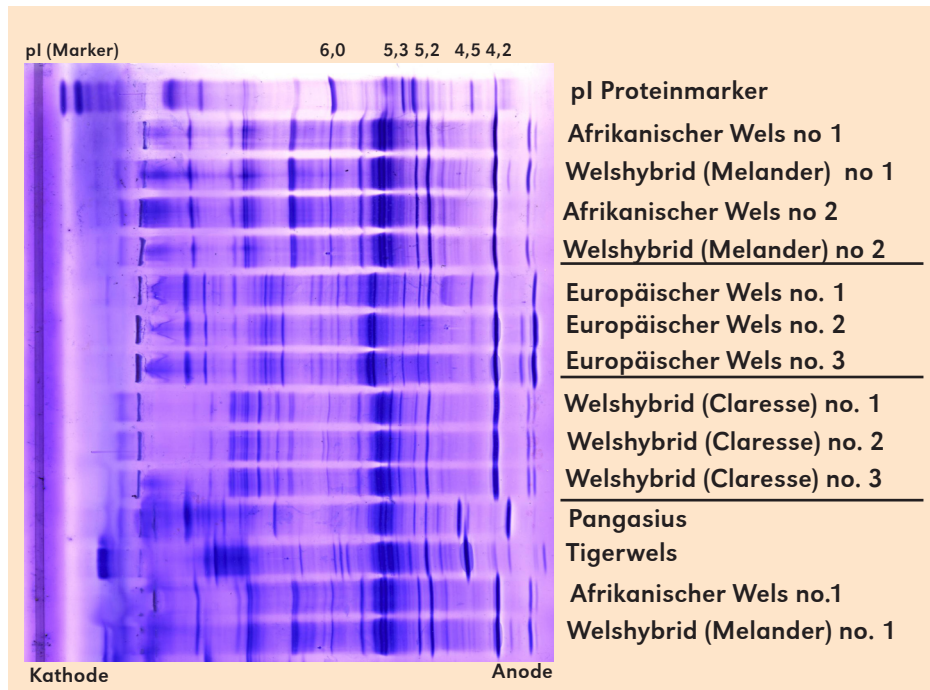
Tabelle 2: Hämingehalte von Welsfilets

Table 2: Hemin content of catfish fillets

Probe	Hämingehalt der Filets (mg/100g)	
Europäischer Wels	Fisch 1	1,0
	Fisch 2	2,0
	Mittelwert (SD _{n-1})	1,5 (+/- 0,71)
Afrikanischer Wels	Fisch 1	5,0
	Fisch 2	4,5
	Fisch 3	6,0
	Mittelwert (SD _{n-1})	5,2 (+/- 0,76)
Melander	Fisch 1	10,0
	Fisch 2	6,5
	Fisch 3	8,5
	Mittelwert (SD _{n-1})	8,3 (+/- 1,8)

Abbildung 1: IEF-Muster der wasserlöslichen Proteine von Filets verschiedener Welsarten.

Figure 1: IEF pattern of water soluble proteins of fillets from different catfish species.



Überraschenderweise stimmten die Muster des afrikanischen Welses und des Melander® vollständig überein. Nach Aussage der Firma Ha-Ra® International AG ist Melander® ein Welshybrid aus der Kreuzung des afrikanischen Welses mit einer asiatischen Welsart aus dem malaiischen Archipel (<http://www.melander.ch>; <http://peter-ziegler.eu>). Das Proteinprofil von Melander® gibt zwar keinen Hinweis auf eine zweite Elternart neben dem afrikanischen Wels, aber es ist nicht generell auszuschließen, dass eine zweite Welsart ein ähnliches Proteinmuster wie der afrikanische Wels aufweist.

Die isoelektrischen Punkte (pI-Werte) der intensivsten Proteinbanden sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Der pI-Wert eines Proteins ist definiert als der pH-Wert (hier der pH-Wert im IEF-Gel), bei dem die Nettoladung des Proteins Null ist; er ist eine physikalische Größe, die es erlaubt, ein Protein zu identifizieren. Die enge Verwandtschaft einiger Welsarten wird durch nahezu gleiche pI-Werte (in der Tabelle 3 durch Kursiv- und Fettdruck hervorgehoben) für eine Reihe von Proteinen im anodalen Teil des Gels sichtbar.

Tabelle 3: Isoelektrische Punkte (pI-Werte) der wasserlöslichen Proteine von Welsfilets (siehe Abbildung 1). Anodische Hauptproteinbanden in Fettdruck. Die Angaben für den amerikanischen Wels stammen aus der RFE (Phast Gel cch01srr, lane e; <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/Seafood/RegulatoryFishEncyclopediaRFE/default.htm>).

Table 3: Isoelectric points (pI-values) of the water soluble proteins of catfish fillets (see Figure 1). Main anodic protein bands are given in bold. The data of the American catfish have been taken from RFE (Phast Gel cch01srr, lane e; <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/Seafood/RegulatoryFishEncyclopediaRFE/default.htm>).

Fischart	pI-Werte der Proteinbanden, beginnend an der Anode
Europäischer Wels	3,78 / 4,23/5,03/5,15/5,31/5,60/6,34/6,45
Afrikanischer Wels	3,76/ 3,84 / 4,22 / 5,02 /5,17/5,72/6,26/6,58/6,60
Melander®	3,79/ 3,84 / 4,23 / 5,02 /5,18/5,72/6,26/6,58/6,59
Claresse®	3,77/3,85/ 4,24 /5,06/5,36/5,45/5,53/6,50/6,59/6,69
Tigerwels	3,67/4,08/ 4,61 / 5,09 /5,27/5,45/5,55
Pangasius	4,10 / 4,70 /5,45/5,50/5,55/6,40
Amerikanischer Wels	4,01/ 4,51 / 4,75 /4,91/5,02/5,72/5,84/5,91/5,98

Tabelle 4: Identifizierung der Welse durch Vergleich von DNA-Sequenzen aus dem Cytochrom b – Gen mit Sequenzen in GenBank (BLAST vom 19.08.2011).

Table 4: Identification of catfish by comparison of cytochrome b gene sequences with sequences from GenBank (BLAST from 19.08.2011).

Probe	Identifizierte Fischarten (Accession no, score, identity)
Europäischer Wels Waller	<i>Silurus glanis</i> (AM398435, 747, 99%)
Afrikanischer Wels	<i>Clarias gariepinus</i> (GU136631, 725, 100%)
Melander®	<i>Clarias gariepinus</i> (GU136631, 725, 100%)
Claresse®	<i>Heterobranchus longifilis</i> (AF126828, 689, 99%)
Pangasius	<i>Pangasius hypophthalmus</i> (GU324233, 737, 100%)
Tigerwels	<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> (GU593128, 579, 99%)

Diese anodalen Proteine erwiesen sich bei einer Erwärmung der Muskelextrakte auf 80 °C als weitgehend hitzestabil, wie die Abbildung 2 verdeutlicht. Aufgrund der niedrigen pI-Werte und der Temperaturstabilität ist anzunehmen, dass die anodalen Proteine den Parvalbuminen zuzurechnen sind. Parvalbumine sind relativ kleine (Molmasse ~12 kD), calciumbindende Proteine mit großem allergenen Potential (Fæste 2010). Focant et al. (1999) beschrieben das Vorkommen mehrerer Parvalbumine in der hellen Muskulatur von Welsen, darunter auch *Clarias gariepinus* und *Heterobranchus longifilis*.

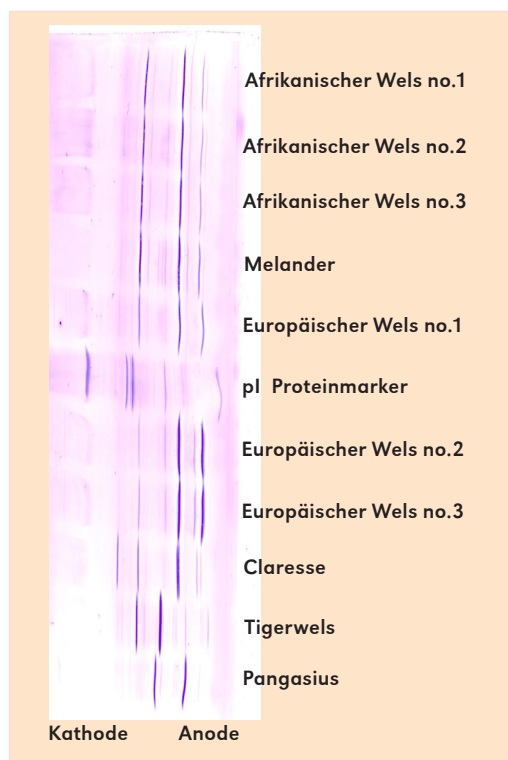


Abbildung 2: IEF-Muster der hitzestabilen wasserlöslichen Proteine von Filets verschiedener Welsarten.

Figure 2: IEF pattern of heat-stable water soluble proteins of fillets from different catfish species.

Differenzierung von Welsen durch PCR mitochondrialer Gene

Gegenwärtig werden zur Bestimmung der Fischart in Erzeugnissen durch PCR-basierte DNA-Analyse überwiegend mitochondriale Gene herangezogen (Rasmussen und Morrissey 2008). Wir haben daher geprüft, ob das häufig eingesetzte Primerpaar L14735/H15149ad, mit dem ein 464 Basenpaare umfassender Abschnitt aus dem mitochondrialen Cytochrom b – Gen vervielfältigt werden kann (Wolf et al. 2000), auch zur Differenzierung von Welsen einsetzbar ist.

Sämtliche Welsproben reagierten positiv mit dem Primerpaar L14735/H15149ad und ergaben PCR-Produkte, die anschließend sequenziert wurden. Die so erhaltenen Sequenzen wurden zum Vergleich mit Sequenzdaten von Welsen in GenBank eingegeben.

Die Identität der Filets des europäischen und der afrikanischen Welses sowie des Pangasius konnte auf diesem Wege eindeutig bestätigt werden (siehe Tabelle 4). Der Wels hybrid Melander® besaß eine Cytochrom b – Gensequenz, die zu 100 % der Sequenz des Afrikanischen Welses entsprach. Da das Cytochrom b – Gen bei Fischen nur mütterlicherseits vererbt wird, ist der Afrikanische Wels entweder der mütterliche Elternteil oder Melander® ist kein Hybrid.

Die Ähnlichkeit der Cytochrom b – Gensequenzen von fünf Welsarten und zwei Hybriden sind in Abbildung 3 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Ähnlichkeiten so gering sind (79-91 %), dass eine Differenzierung keine Schwierigkeiten machen sollte.

Im Falle des Tigerwelses war die Zuordnung der Sequenz zu einer Spezies aus der Gattung *Pseudoplatystoma* dadurch erschwert, dass die südamerikanischen Tigerwelsarten sehr ähnliche Cytochrom b – Gensequenzen aufweisen (Torricco et al. 2009). Aufgrund phylogenetischer Sequenzanalysen des

Welsart	<i>I. punc.</i>	<i>S. glan.</i>	<i>P. hypo.</i>	<i>H. wyck</i>	<i>C. gari.</i>	Melander	Claresse
(% Identität im Sequenzvergleich)							
<i>I. punc.</i>	---	84	82	81	79	79	79
<i>S. glan.</i>	37*	---	81	83	83	84	82
<i>P. hypo.</i>	41*	77	---	84	83	82	83
<i>H. wyck.</i>	43*	69	63	---	83	84	82
<i>C. gari.</i>	47*	67	69	69	---	100	91
Melander	47*	63	70	66	0	---	91
Claresse	47*	67	70	69	35	35	---
(Anzahl der Basenaustausche)							

Abbildung 3: Ähnlichkeitsmatrix der Cytochrom b Gen-Sequenzen von Welsen (Sequenzvergleich durch BLAST, alignment of 2 sequences). Länge der verglichenen Sequenzen: 370-400 Basen bzw. ~230 Basen (markiert durch *).

Figure 3: Similarity matrix of cytochrome b gene sequences of catfishes; sequences have been compared by BLAST, alignment of 2 sequences. The sequences comprised 370-400 bases, respectively ~230 bases (marked by *).

Cytochrom b – Gens und zweier Kerngene kommen Carvalho-Costa et al. (2011) zu dem Schluß, dass die Gattung *Pseudoplatystoma* nur vier Arten umfasst; Dazu zählt auch die Spezies *Pseudoplatystoma fasciatum (sensu lato)*, die aus vier Unterarten (*P. fasciatum*, *P. punctifer*, *P. reticulatum*, *P. orinocoense*) besteht.

Neben dem Cytochrom b – Gen wird zunehmend ein weiteres mitochondriales Gen, das die Cytochromoxidase – Untereinheit I (COI) kodiert zur Identifizierung von Fischarten herangezogen. In einer kürzlich erschienen Publikation sind die COI – Gensequenzen von

neun Welsarten angegeben; die daraus abgeleitete Verwandtschaftsbeziehung dieser Welsarten zeigt die Abbildung 4 (Wong et al. 2011).

Danksagung:

Frau Roswitha Koch und Herrn Rainer Kündiger danke ich für die sorgfältige Durchführung der Analysen; die Firma Ha-Ra® International AG stellte dankenswerterweise Welsprodukte (Melander®) zur Verfügung.

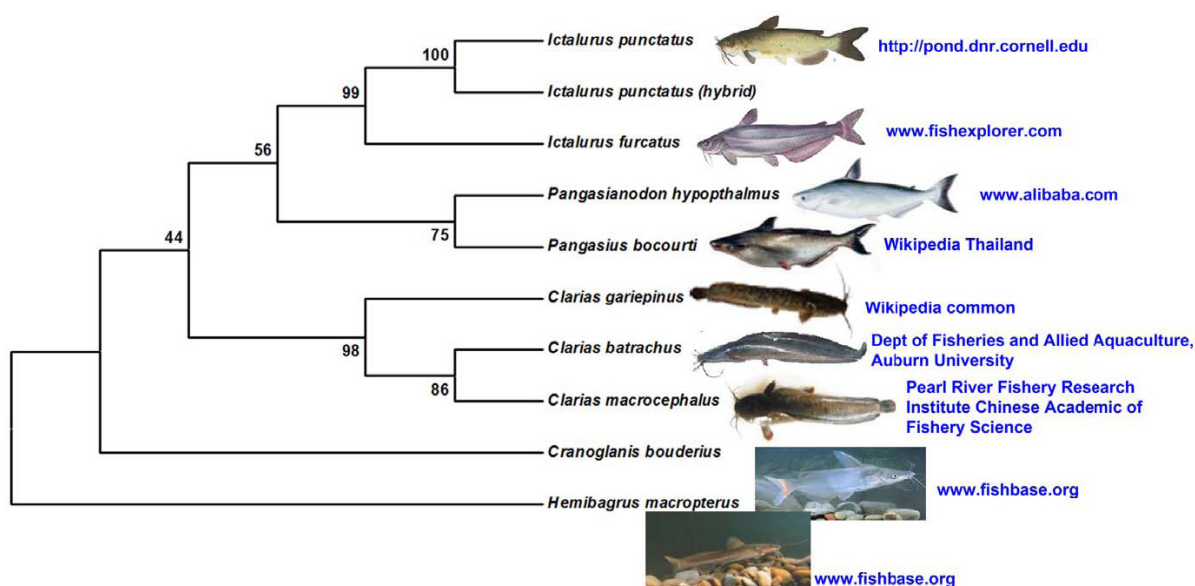


Abbildung 4: Genetische Verwandtschaft von Welsen (aus Wong et al., 2011)

Figure 4: Genetic relationship of catfishes (taken from Wong et al., 2011).

Zitierte Literatur

- Altinelataman, C., Kündiger, R., Cakli, S., Rehbein, H., 2009: Comprison of IEF patterns of sarcoplasmic proteins of fish from North Atlantic and Aegean Sea. *Food Control* 20, 980-985
- Carvalho-Costa, L.F., Piorski, N.M., Willis, S.C., Galetti Jr., P.M., Orti, G., 2011: Molecular systematics of the neotropical shovelnose catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker 1862 based on nuclear and mtDNA markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 59, 177-194
- CVUA Karlsruhe, 2006: Chemisches und Veterinär-Untersuchungsamt Karlsruhe, Jahresbericht 2005, 22-23
- Fæste, C.K., 2010: Fish allergen detection. In: *Molecular Biological and Immunological Techniques and Applications for Food Chemists*. Hrsg.: Popping, B., Diaz-Amigo, C., Hoenicke, K. John Wiley & Sons, 407-422
- FAO, 2010: The state of world fisheries and aquaculture 2010. Rome. www.fao.org
- Filonzi, L., Chiesa, S., Vaghi, M., Marzano, F.N., 2010: Molecular barcoding reveals mislabelling of commercial fish products in Italy. *Food Research International* 43, 1383-1388
- Focant, Melot, F., Collin, S., Chikou, A., Vandewalle, P., Hurioux, F., 1999: Muscle parvalbumin isoforms of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and *Chrysichthys auratus*: isolation, characterization and expression during development. *J. Fish Biol.* 54, 832-851
- Hornsey, H.C., 1956: The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.* 7, 534-540
- Klinkhardt, M., 2011: Pangasius - der Markterfolg vom Mekong. Teil 6: Verarbeitung von Pangasius. *FischMagazin*, Heft 3, 56-63
- LGL, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittel, 2010: Fischartendifferenzierung - welcher Fisch liegt tatsächlich auf dem Teller? www.lgl.bayern.de
- Manthey, M., Hilge, V., Rehbein, H., 1988: Sensory and chemical evaluation of three catfish species (*Silurus glanis*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*) from intensive culture. *Arch. FischWiss.* 38, 215-227
- Rasmussen, R.S., Morrissey, M.T., 2008: DNA-based methods for the identification of commercial fish and seafood species. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 280-295
- Na-Nakorn, U., Brummett, R.E., 2009: Use and exchange of aquatic genetic resources for food and aquaculture: *Clarias* catfish. *Reviews in Aquaculture* 1, 214-223
- Rehbein, H., Näumann, G., Stumme, B., 2011: Differenzierung von *Pangasius (Pangasius hypophthalmus)* und Asiatischem Rotflossenswels (*Hemibagrus wyckioides*) durch Protein- und DNA-Analyse. *Inf. Fischereiforsch.* 58, 13-19
- Schiefenhövel, K., Rehbein, H., 2011: Identification of barramundi (*Lates calcarifer*) and tilapia (*Oreochromis spp.*) fillets by DNA- and protein-analytical methods. *J. Verbr. Lebensm.* 6, 203-214
- Schubring, R., 2007: Neue Technologien und Entwicklungen der Verarbeitung von Fischen und anderen Meerestieren: Tasteless smoke und Kohlenmonoxid. *RFL* 59, 394-398
- Thiansilaku, Y., Benjakul, S., Richards, M.P., 2010: Changes in heme proteins and lipids associated with off-odour of seabass (*Lates calcarifer*) and red tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) during iced storage. *Food Chem.* 121, 1109-1119
- Torrice, J.P., Hubert, N., Desmarais, E., Dupontchelle, F., Nunez Rodriguez, J., Montoya-Burgos, J., Garcia Davila, C., Carvajal-Vallejos, F.M., Grajales, A.A., Bonhomme, F., Renno, J.-F., 2009: Molecular Phylogenetics and Evolution 51, 588-594
- Wolf, C., Burgener, M., Hübner, P., Lüthy, J., 2000: PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA: differentiation of fish species. *Lebensm. Wiss. Technol.* 33, 144-150
- Wong, L.L., Peatman, E., Lu, J., Kukuctas, H., He, S., Zhou, C., Na-nakorn, U., Liu, Z., 2011: DNA barcoding of catfish: species authentication and phylogenetic assessment. *PLoS ONE* 6 (3): e17812. doi:10.1371/journal.pone.0017812