

Entdeckung einer isolierten Höhlenfischpopulation in Süddeutschland - Spektakuläres aus dem Hegau



PD Dr. Jasminca Behrmann-Godel, Evolutionäre Fischökologie
Universität Konstanz

Einführung

Leben am Extremen

Abwesenheit von Licht:

- Optischer Sinn nutzlos, andere Sinne treten in den Vordergrund
- Reduktion oder Abwesenheit von Augen
- Reduktion oder Abwesenheit von Pigmentzellen
- Verlängerung von Körperanhängen wie Fühlern, Flossen Barteln

Troglobiont / Stygobiont

*Fotos entfernt (zwecks fehlender Urheberrechte)
aber über URLs siehe unten können die Fotos
im Netz angesehen werden*

Troglophile sp.

Niphargus sp.

<http://alexhyde.photoshelter.com/image>

<http://www.cambriancavingcouncil.org.uk>

Einführung

Nährstoffe sind selten oder treten in unvorhersehbaren Pulsen auf:

- Keine Photosynthese möglich, **keine Pflanzen** als Primärproduzenten vorhanden
- Versickerungswasser und Wasser aus versinkenden Flüssen als einzige Quelle für Nährstoffe (Kohlenstoffquelle)

Epikarst

Foto entfernt (zwecks fehlender Urheberrechte)

Nährstoffe sind selten oder treten in unvorhersehbaren Pulsen auf:

- Keine Photosynthese möglich, **keine Pflanzen** als Primärproduzenten vorhanden
- Versickerungswasser und Wasser aus versinkenden Flüssen als einzige Quelle für Nährstoffe (Kohlenstoffquelle).
- Einige Höhlen mit Fledermäusen haben **Guano** als wichtigsten Nährstoffeintrag. Diese Höhlen haben eine hochspezialisierte Organismengemeinschaft welche vollständig von Guano abhängig ist.
- Wenige Höhlen haben ein eigenes System zur Nährstoffproduktion, welches auf Chemoautotrophie beruht. Hier gibt es spezialisierte Bakterien, welche Hydrogensulfat oxidieren können dabei entsteht Energie, die Bakterien bilden Matten, diese dienen spezifischen Organismen als Nahrungsgrundlage.

Physiologische und demografische Anpassungen von Höhlenorganismen:

- Reduktion der metabolischen Rate “**das Leben wird verlangsamt**”
- Erhöhung von Reservestoffen z.B. Fettreserven
- Veränderung in demographischen Parametern: Reduktion der Ei-Anzahl, Erhöhung des Alters der ersten Geschlechtsreife, Reduktion der Wachstumsrate, Verlängerung der Lebensspanne

Foto entfernt (zwecks fehlender Urheberrechte), aber im Netz gibt es viele schöne Fotos des Grottenolm zum Anschauen

Der Grottenolm

Proteus anguinus

Höhlen im Dinarischen Karst

Lebensspanne:

Im Mittel 68 Jahre

Maximum >100 Jahre

Einführung

Höhltiere als Modellorganismen für die Evolutionsforschung

- Alle höheren Höhlentiere stammen von oberirdischen Vorfahren ab
- Schnelle Anpassung an Höhlenleben

Beispiel: Höhlen Tetra *Astyanax mexicanus* als Modellorganismus

- Augendegeneration
- Pigmentverlust
- Hypersensitives Geruchssystem
- Verhaltensanpassung (Fresshaltung)

Oberfläche

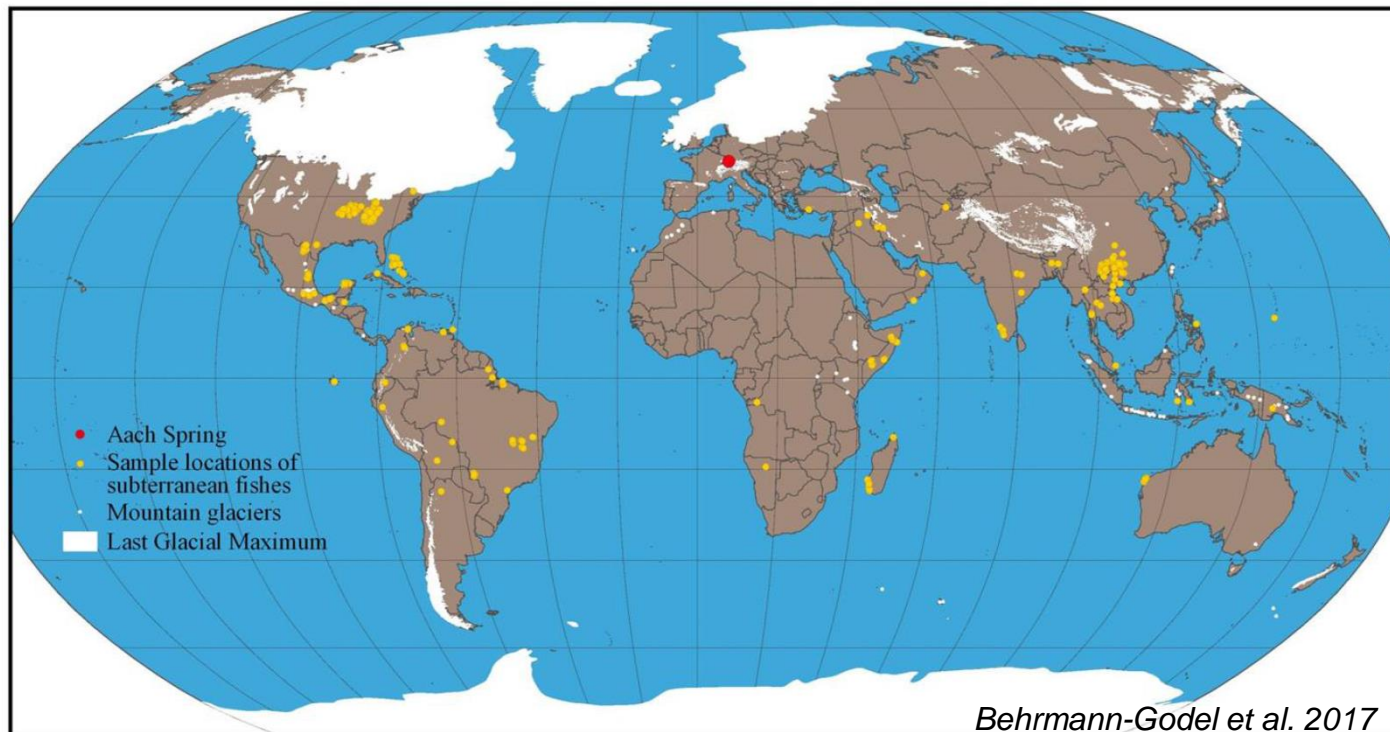
Höhle

Fotos entfernt (zwecks fehlender Urheberrechte)

Europäische Höhlenschmerle

Weltweite Verbreitung von Höhlenfischen

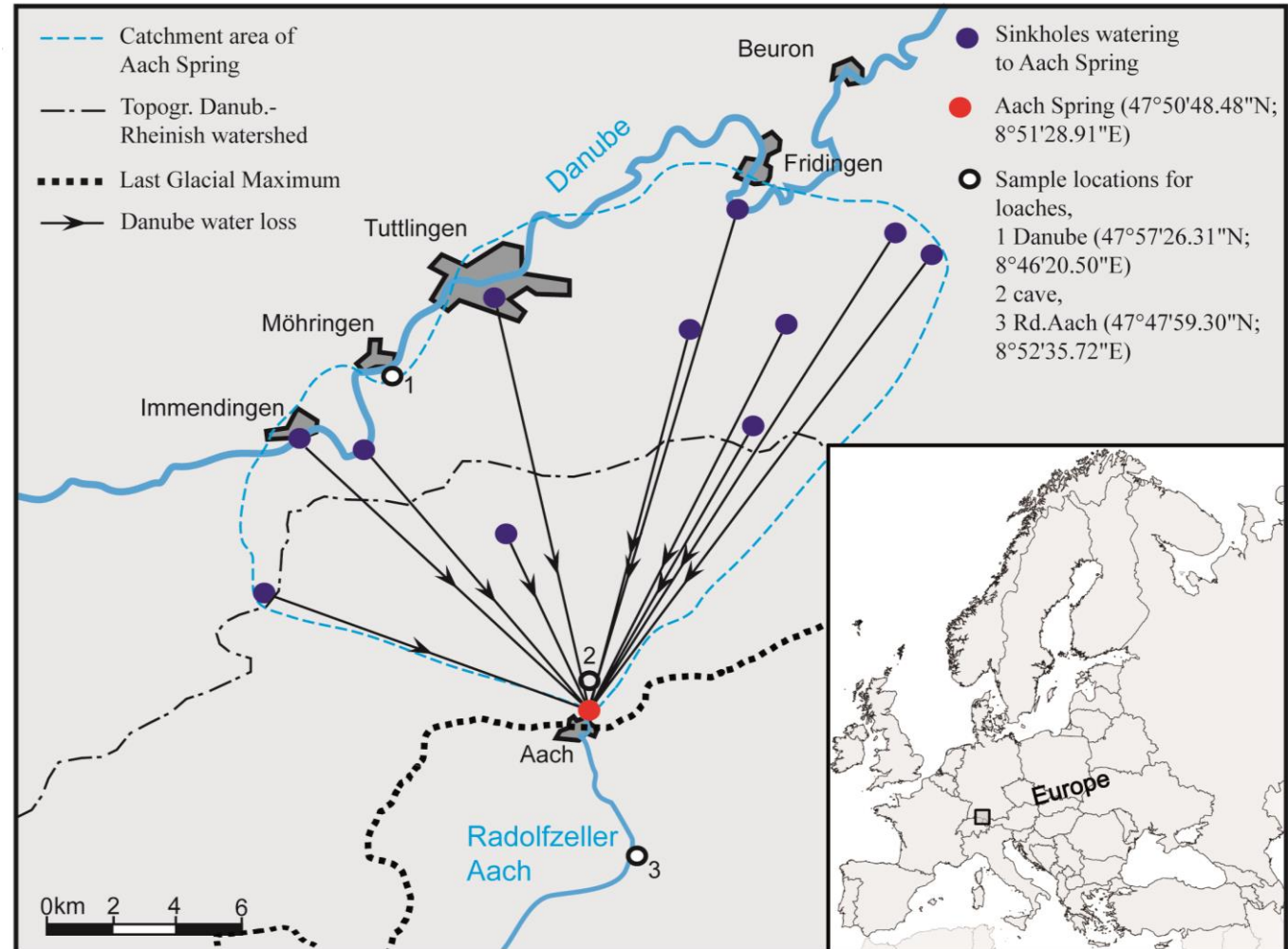
- Ca. 210 verschiedene Höhlenfischarten bekannt
- Auf allen Kontinenten außer Antarktis
- Höchste Diversität in Asien vorwiegend China



Europäische Höhlenschmerle

Fundort der Höhlenschmerlen

- Nahe der Schwäbischen Alb, Karst Region in Süddeutschland Fundort vieler berühmter Höhlen
- Ca. 250km² unterirdisches Einzugsgebiet
- Aachquelle, größte Deutsche Quelle



Behrmann-Godel et al. 2017

Europäische Höhlenschmerle

Fundort der Höhlenschmerlen

- Donauversickerung (ca. 100 Tage im Jahr Komplettversickerung)

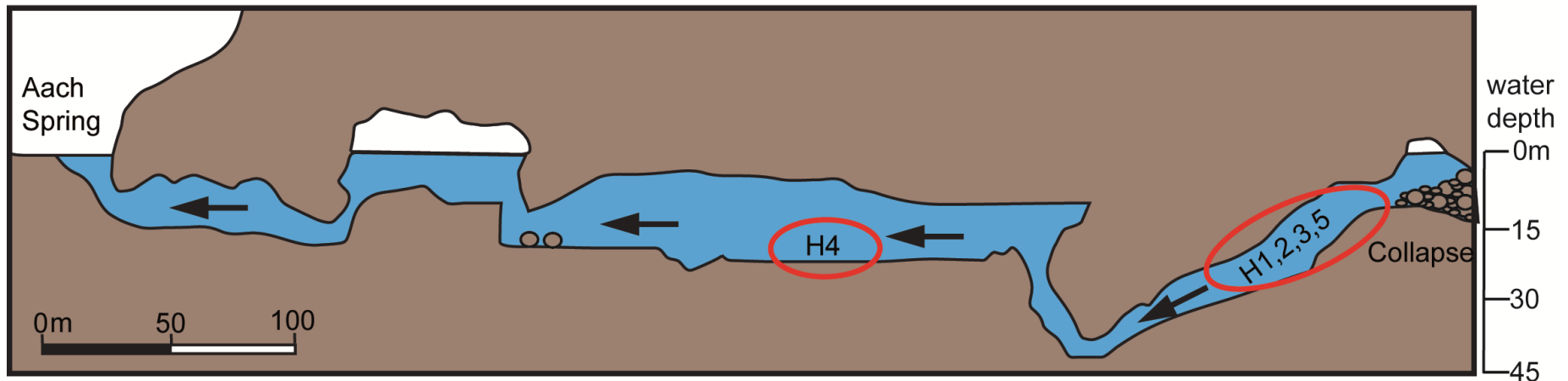
Foto entfernt

J.Behrmann-Godel

Europäische Höhlenschmerle

Fundort der Höhlenschmerlen

- Schematischer Querschnitt durch das Höhlensystem
- Fundort vor Versturz



Behrmann-Godel et al. 2017

Europäische Höhlenschmerle

Fang der Höhlenschmerlen

Fotos entfernt

J. Kreiselmaier

Aachquelle, Einstieg für Höhlentaucher

Joachim Kreiselmaier, Höhlentaucher und Entdecker

- Tauchausrüstung für einen Tauchgang
max. Tiefe 40m: ca. 200kg
2 Automaten, 6 Flaschen Nitrox (15000 l)
- Zeit für einen Tauchgang ca. 3 Stunden
- Alle Schmerlen (35 Stck zwischen 2016 und 2017
wurden von Hand gekeschert von J. Kreiselmaier

J.Behrmann-Godel

Europäische Höhlenschmerle

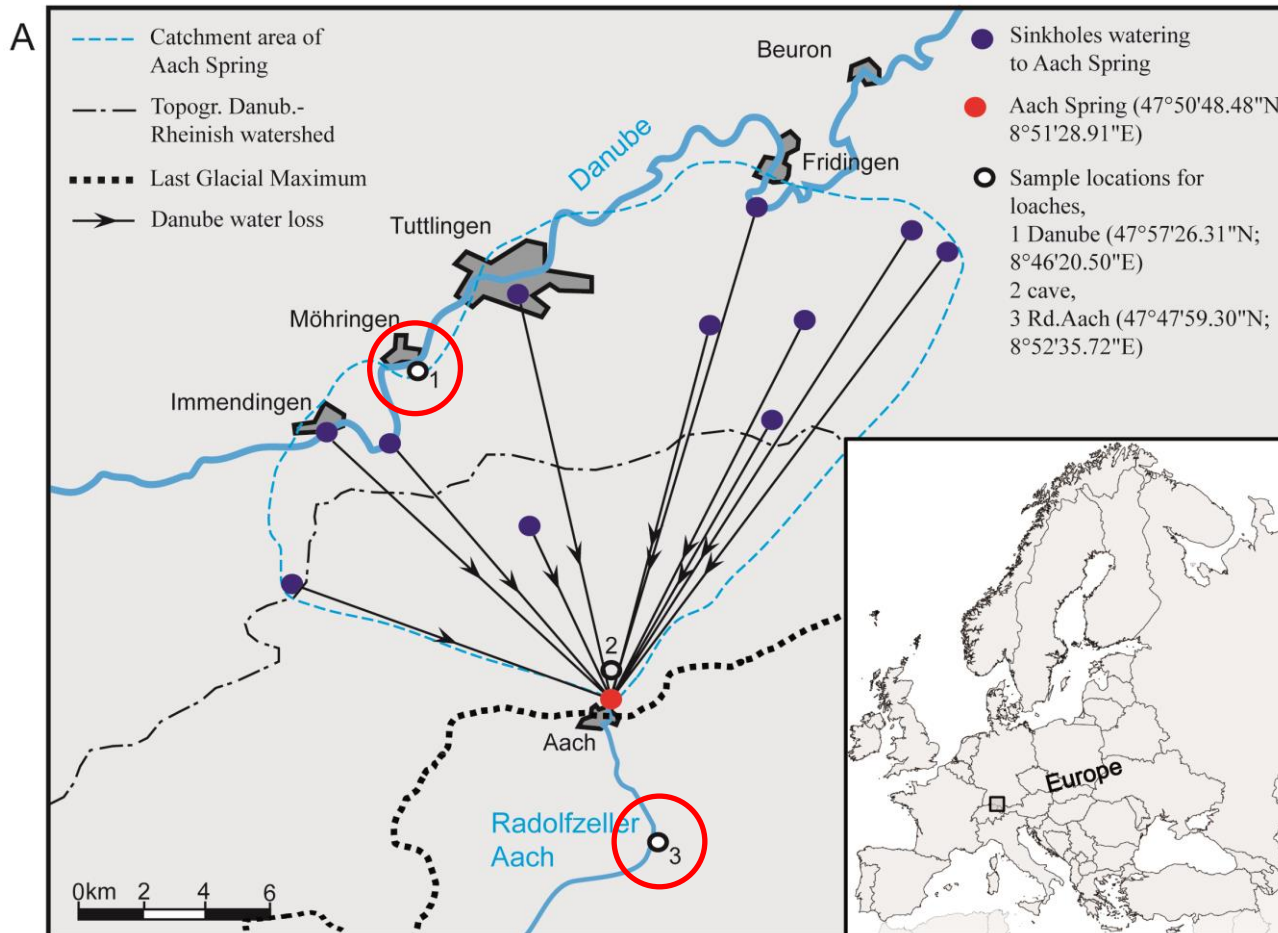
Erste Fotos:

Fotos von Behrmann-Godel (2016)



Europäische Höhlenschmerle

Fang von Bachschmerlen (oberirdisch) in Donau und Radolfzeller Aach



- Fang von Fischen
- Morphologische Analysen
- Sequenzierung von "barcoding" Genen COI, Phylogenie
- Microsatelliten Analyse, Poupulationsstruktur

Behrmann-Godel et al. 2017

Europäische Höhlenschmerle

Morphologische Vergleiche

*Fotos von
Behrmann-
Godel (2016)*

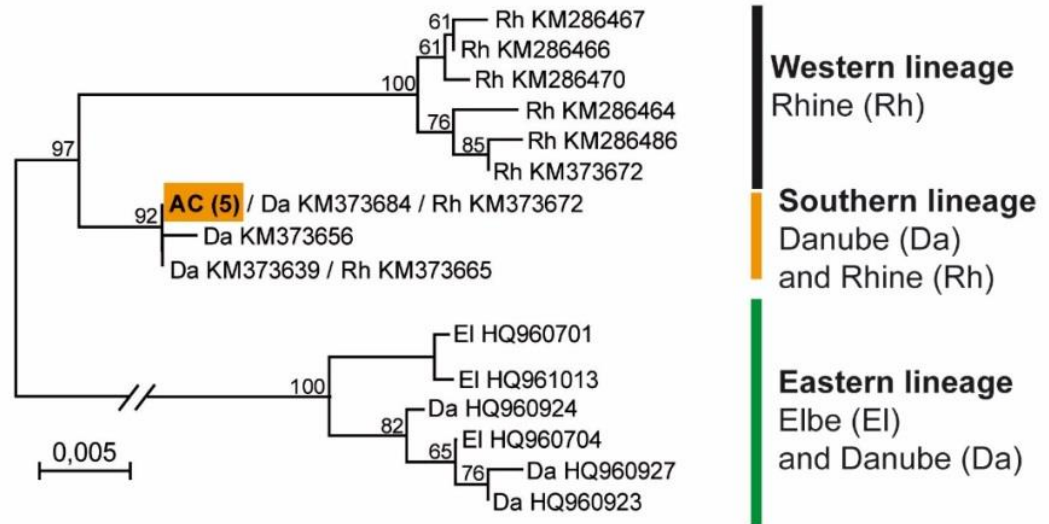
- **Gefundene Unterschiede:**
Augenreduktion,
Vergrößerung Nasenöffnung,
Verlängerung Barteln,
Pigmentreduktion,
Keine Schuppen

*Fotos entfernt, sind noch
nicht veröffentlicht*

Europäische Höhlenschmerle

Genetische Vergleiche

- **COI Sequenzen**
Höhlenfische gehören zur sog. Südlichen Linie (*Southern lineage*), kein Unterschied zu Oberflächenfischen aus Donau und Rhein



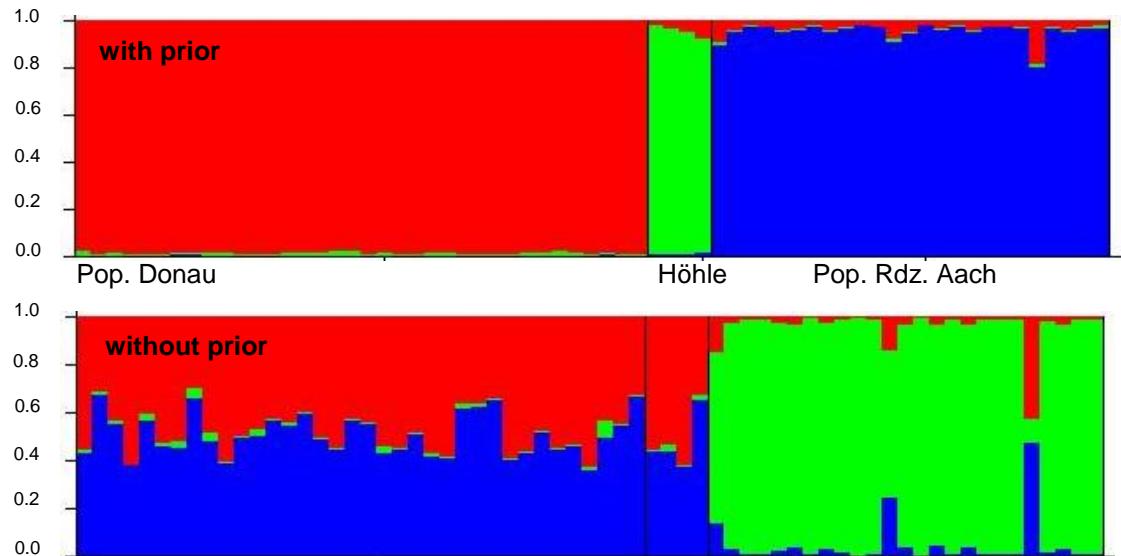
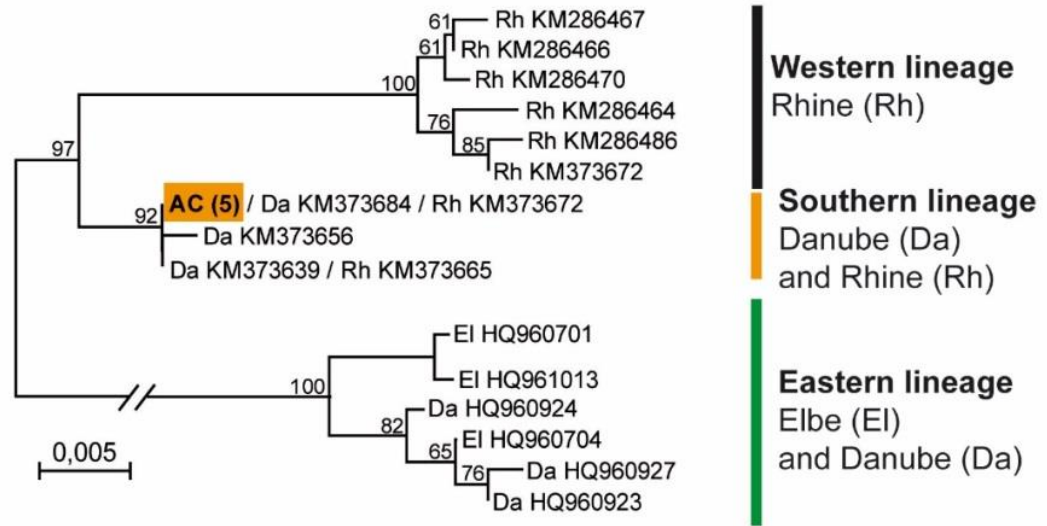
Behrmann-Godel et al. 2017

Europäische Höhlenschmerle

Genetische Vergleiche

- **COI Sequenzen**
Höhlenfische gehören zur sog. Südlichen Linie (*Southern lineage*), kein Unterschied zu Oberflächenfischen aus Donau und Rhein

- **Mikrosatelliten**
Höhlenfische unterscheiden sich genetisch von den Oberflächenfischen



Behrmann-Godel et al. 2017

Europäische Höhlenschmerle

Alter der Höhlenfische

*Karte entfernt (zwecks
fehlender Urheberrechte)*

- Eisbedeckung letzte Eiszeit
(Pleistozän, Würm Eiszeit)

Schwarze Linie = Eis

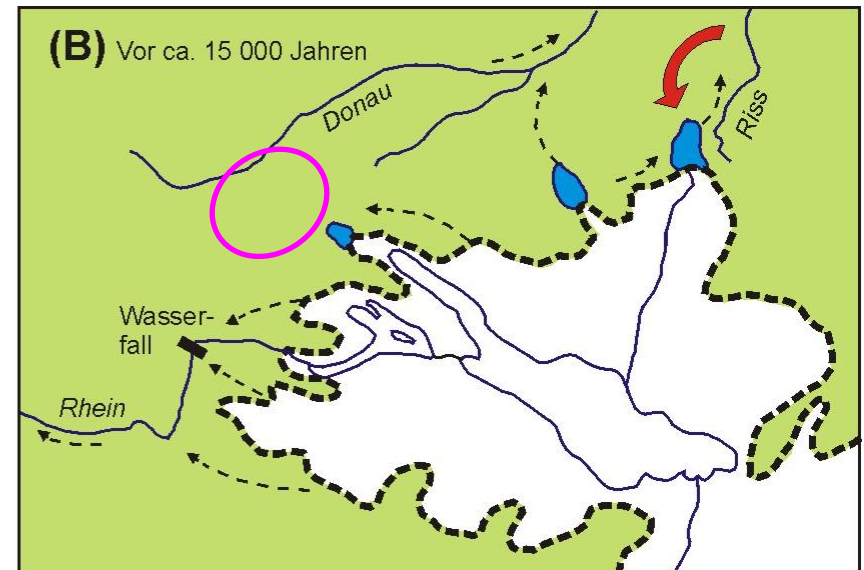
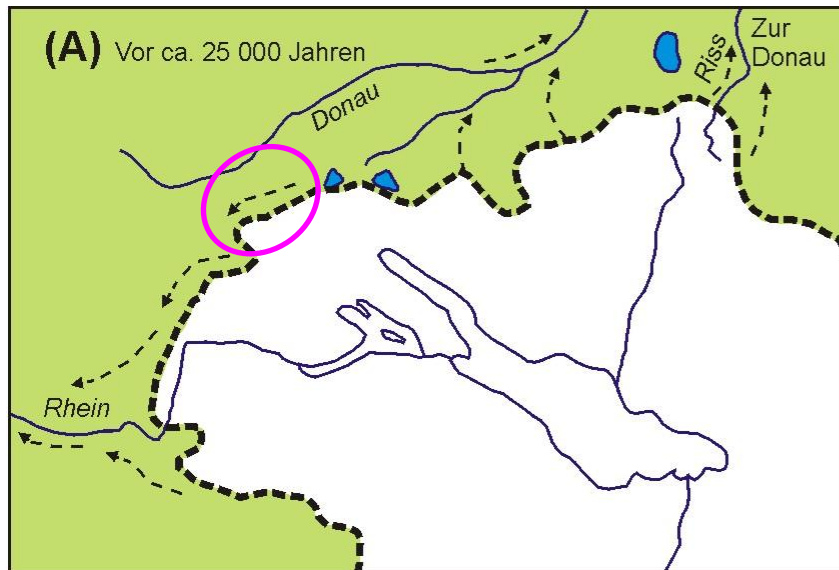
TTTTTTTTTTTT = Permafrost

Karte von Taberlet 1998

Europäische Höhlenschmerle

Alter der Höhlenfische

- Max. 20 000 ybp



Berhmann-Godel et al. 2008

Europäische Höhlenschmerle

Zusammenfassung

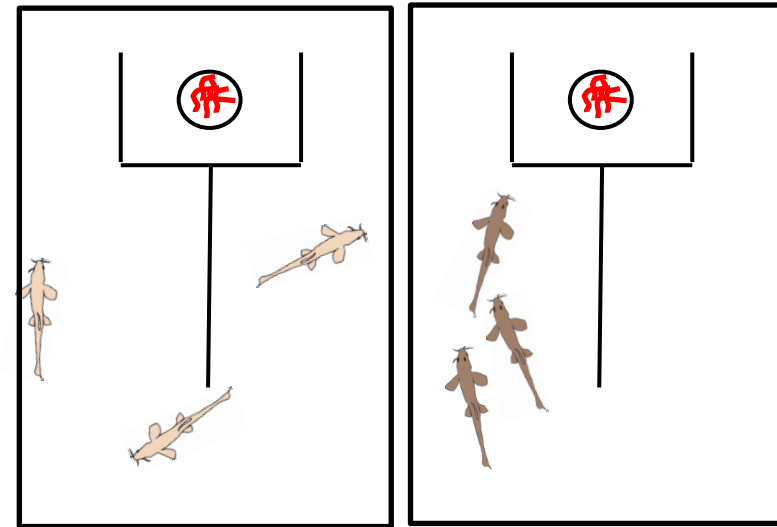
- Erster Europäischer und nördlichster Höhlenfisch bisher
- Typische Anpassungen an Höhlenleben
reduzierte Augen und Pigmentzellen, vergrößerte Nasenöffnung und Barteln
- Höhlenfische sind von Oberflächenfischen genetisch isoliert
- Höhlenfischpopulation ist sehr jung, max. 20 000 Jahre alt



Zukunftsperspektive

Ökologie und Evolution von Höhlenfischen

- **Nahrung der Höhlenfische**
Woher kommt die Nahrung?, Stabile Isotopen ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ und $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$)
- **Verhaltensanpassungen an Höhlenleben**
Individual- und kollektives Fressverhalten
Verstecknutzung, Partner Findung
- **Labor Populationen**
Populationen, aufgezogen unter Hell/Dunkel und in permanenter Dunkelheit
Produktion von F_1 und F_2 Hybriden
Vererbung von Merkmalen
- **Effekt von natürlicher Selektion während der Anpassung an das Höhlenleben**
Entwicklung erster genomischer Marker und Sequenzierung des Genoms
- **Analyse Circadianer Rhythmen bei Höhlenschmerlen**
Verlust von Circadianen Rhythmen oder Temperaturverlauf als Zeitgeber??



Kollegen

Joachim Kreiselmaier

Roland Berka

Arne Nolte

Jörg Freyhof

Bogdan Grygoruk

Myriam Schmid

Stefan Werner

John Hesselschwerdt

Martin Wikelski

Geldgeber

