

Die Muster der (See)Forellenpopulationen: Warum Naturverlaichung wichtig ist



Jakob Brodersen, Abteilung Fischökologie & Evolution, Eawag

Übersicht

- Forellen in zentraleuropäischen Gewässern seit der letzten Eiszeit
- Seeforellen und Bachforellen
 - Warum wandern? Warum nicht?
 - Wann wandern?
- Diversität (teil)wandernder Populationen
 - Generelle Muster in der Schweiz
 - Populationsspezifische Beispiele
- Bewirtschaftung teilwandernder Forellenpopulationen



KI-generiertes Bild

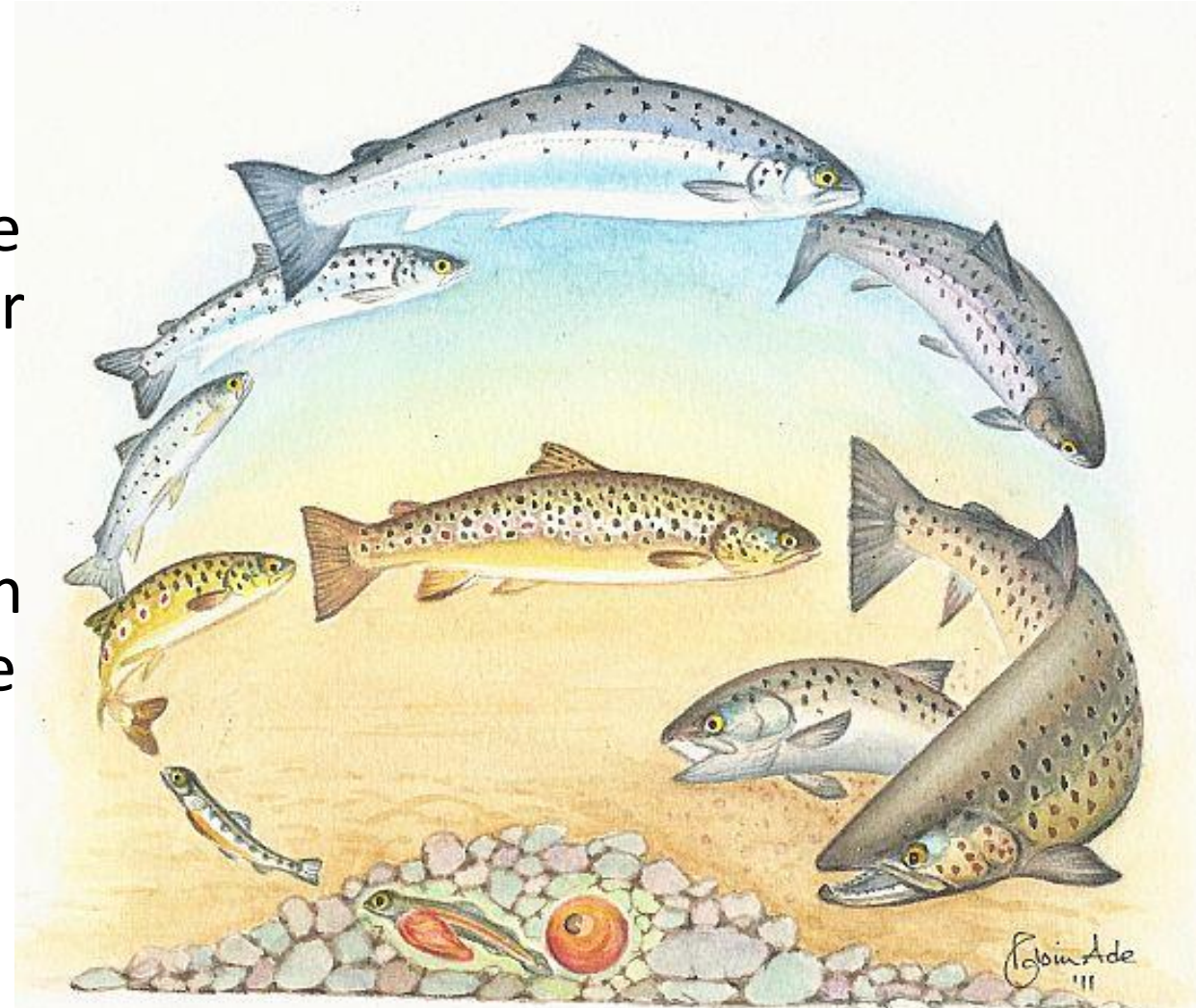
Einfluss Eiszeit

- Nach Abschluss der letzten Eiszeit entstanden viele Bäche, Flüsse & Seen
- Flüsse und Bäche früh von Salmoniden (darunter Forellen) besiedelt
- Starkes Homing zum Ursprungshabitat -> niedriger genetischer Austausch zwischen Forellen in unterschiedlichen Bächen -> sehr viele genetisch einzigartige Populationen



Bach- und Seeforelle (& Meer- & Flussforelle)

- Gleiche Art aber unterschiedliche individuelle Lebensformen
- Teilwandernde Populationen: Einige Individuen bleiben in Laichgewässer (Bachforellen)
- Wanderneigung ist erblich
- In Gewässer oberhalb von Barrieren haben Forellen durch Evolution ihre Wanderneigung verloren

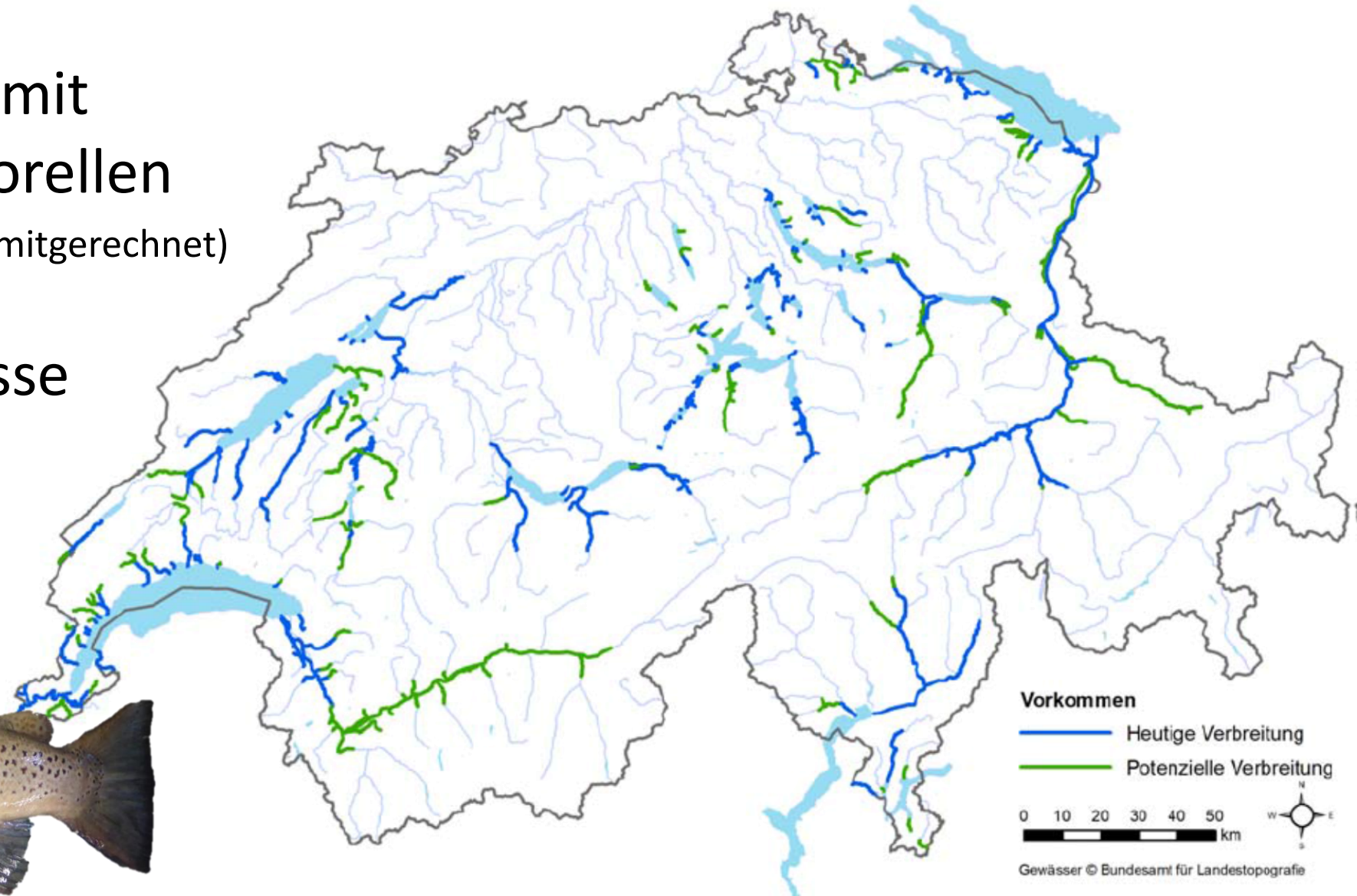


See-wandernde Forellenpopulationen in CH

22 natürliche Seen mit
See-wandernden Forellen

(Bergseen und Stauseen nicht mitgerechnet)

Mehr als 150 Zuflüsse
mit wandernden
Forellen



Gewässer unterscheiden sich

- Temperaturverhältnisse
- Abflussverhältnisse (z.B. Risiko für Winterhochwasser)
- Substratverhältnisse
- Nahrungsquellen
- Abstand und Richtung von Seen



Potenzial für lokale Anpassungen

- Physiologie (z.B. lokale Temperaturverhältnisse)
- Morphologie
- Fressverhalten (z.B. Wirbellose- oder Fischbeute): Bach und See
- Wanderneigung
- Grösse/Alter bei der Abwanderung
- Zeitpunkt der Wanderung
- Wanderrichtung (flussabwärts oder aufwärts)
- Zeitpunkt der Laichwanderung/der Rückkehr von See
- Zeit im See vor der ersten Rückkehr (See-Alter)



Warum Forschung über Seeforellen?

- Rote Liste: Stark Gefährdet
- Potentiell mehr als 150 verschiedene Populationen mit Potential für lokale Anpassungen
- Die Gewässer in der Schweiz sind in schlechter Zustand. Multiple «künstliche» Stressoren: Barrieren (z.B. Wasserkraft), Habitatverlust und –Veränderungen (z.B. Kanalisierung, Totholz), Schadstoffe (z.B. Makro- und Mikroverunreinigung), Fischerei
- Klimaveränderungen
- Wandernde Fische haben grössere Herausforderungen

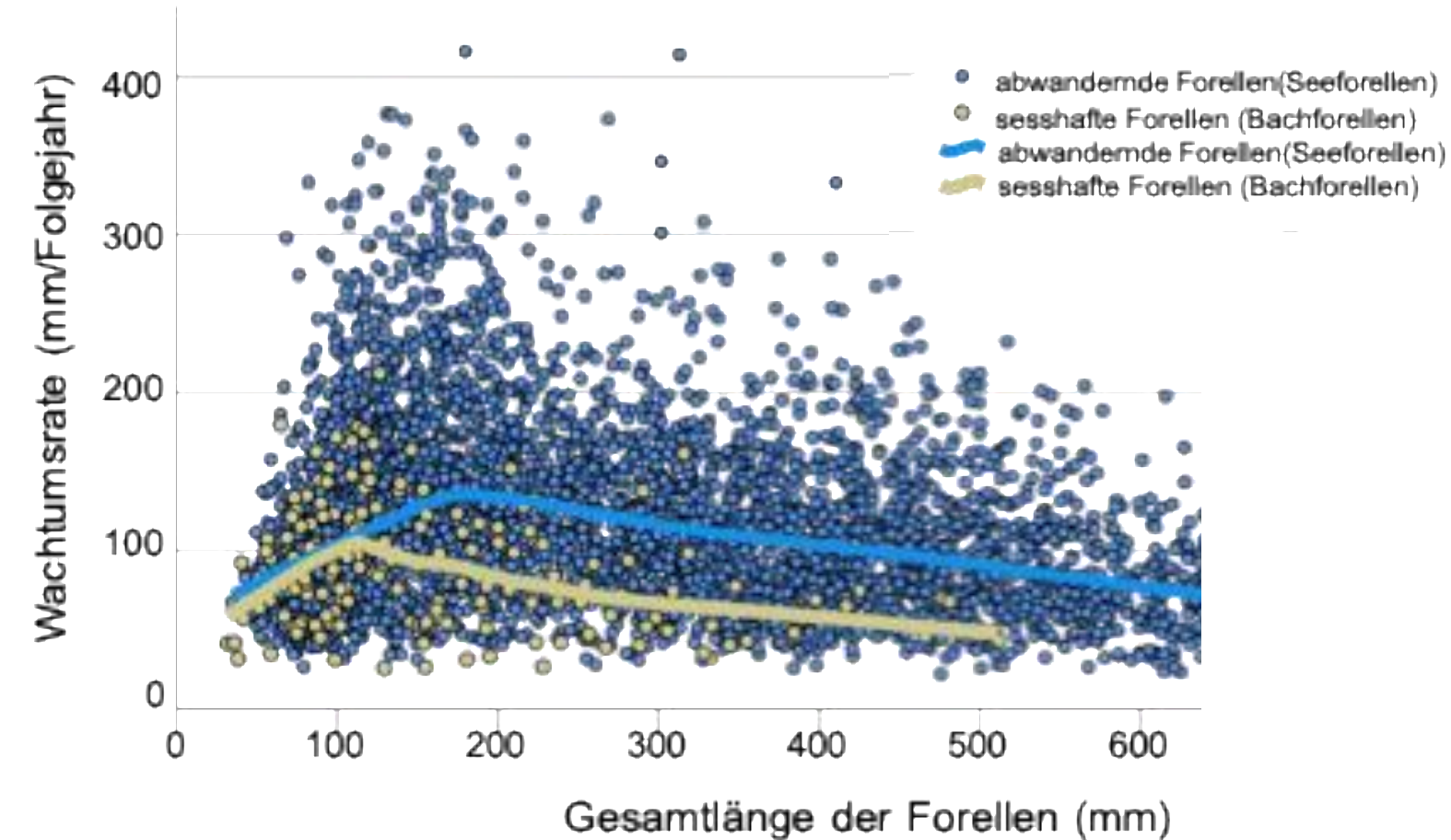


Warum Forschung über Seeforelle?

- Rote Liste: Stark Gefährdet
- Potentiell mehr als 150 verschiedene Populationen mit lokalen Anpassungen
- Die Gewässer in der Schweiz sind in schlechterem Zustand
«künstliche» Stressoren: Barrieren (z.B. Wasserkraft) und –Veränderungen (z.B. Kanalisierung, Totholz), Schadstoffe (Makro- und Mikroverunreinigung), Fischerei
- Klimaveränderungen
- Wandernde Fische haben grössere Herausforderungen

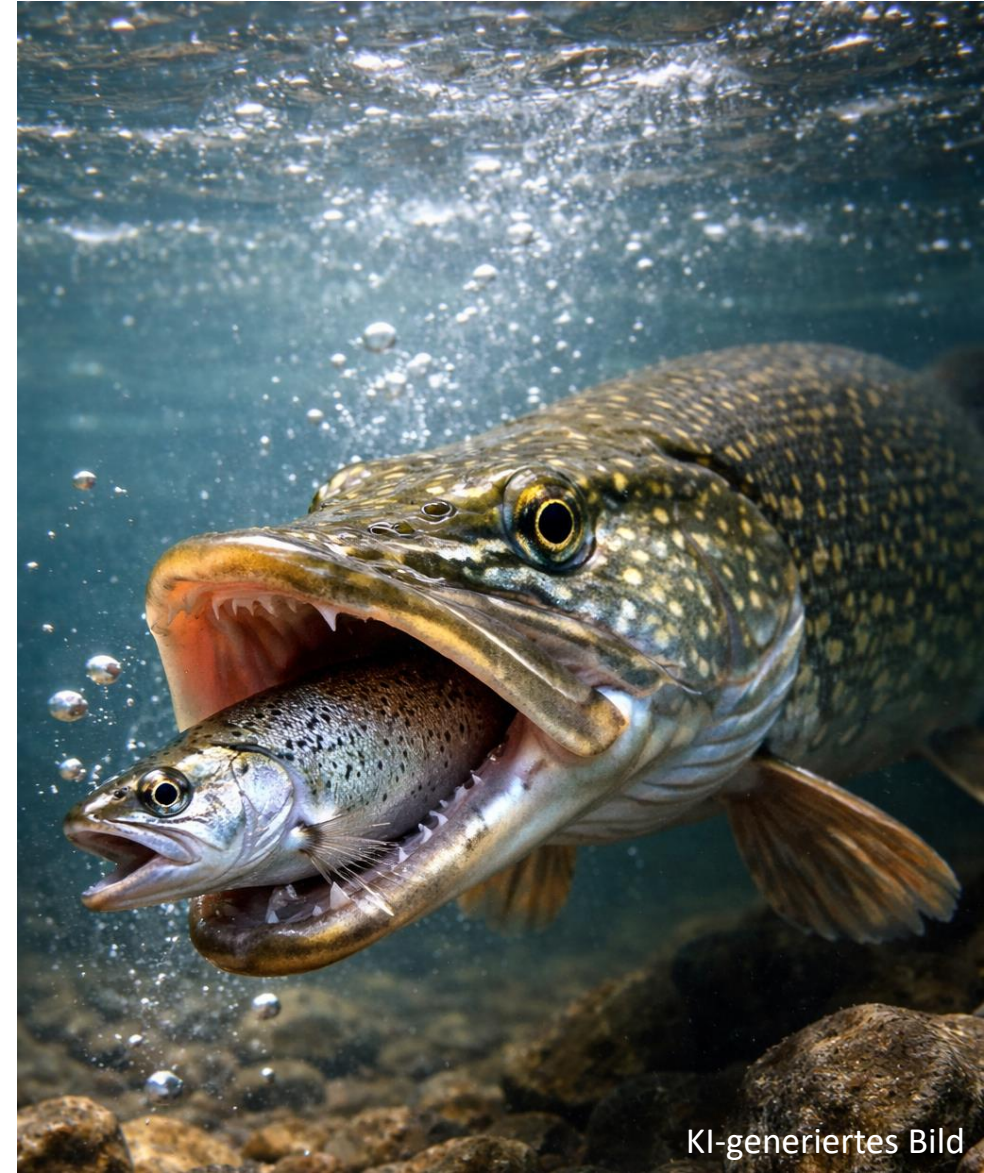


Warum wandern?

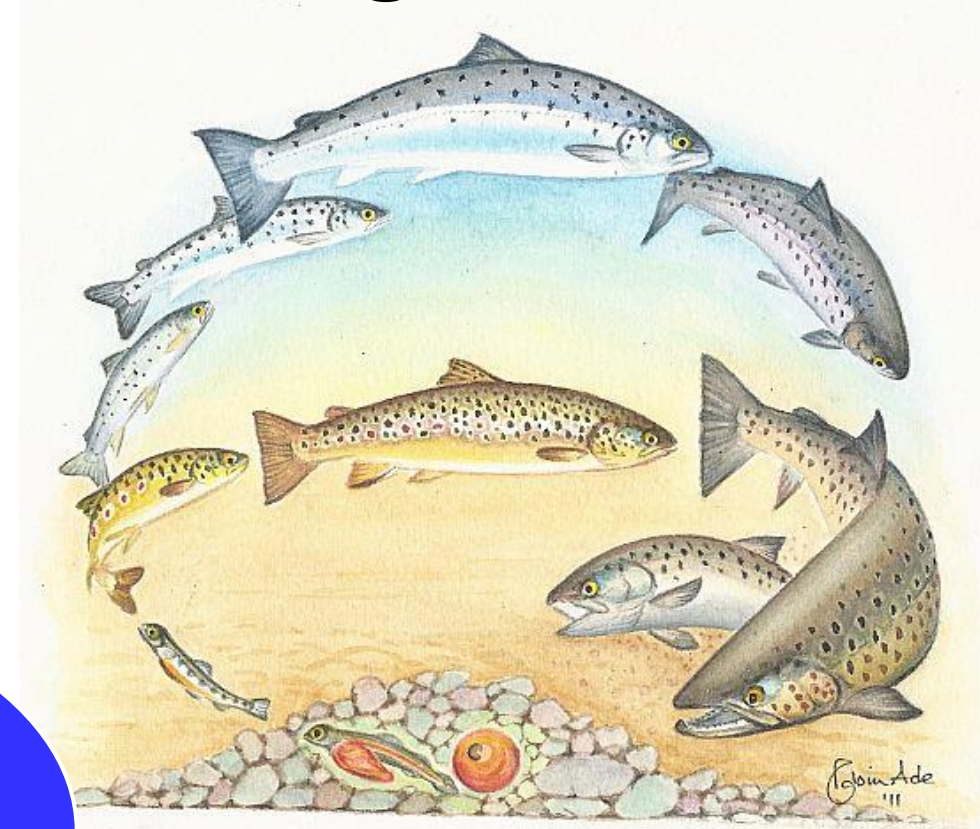
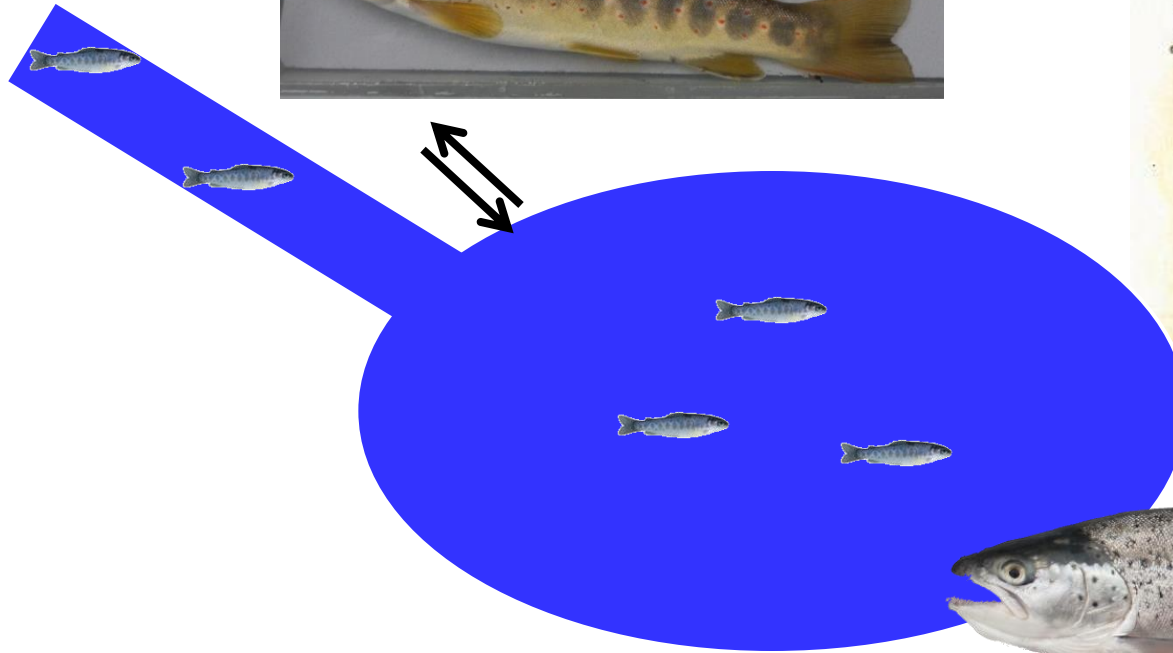


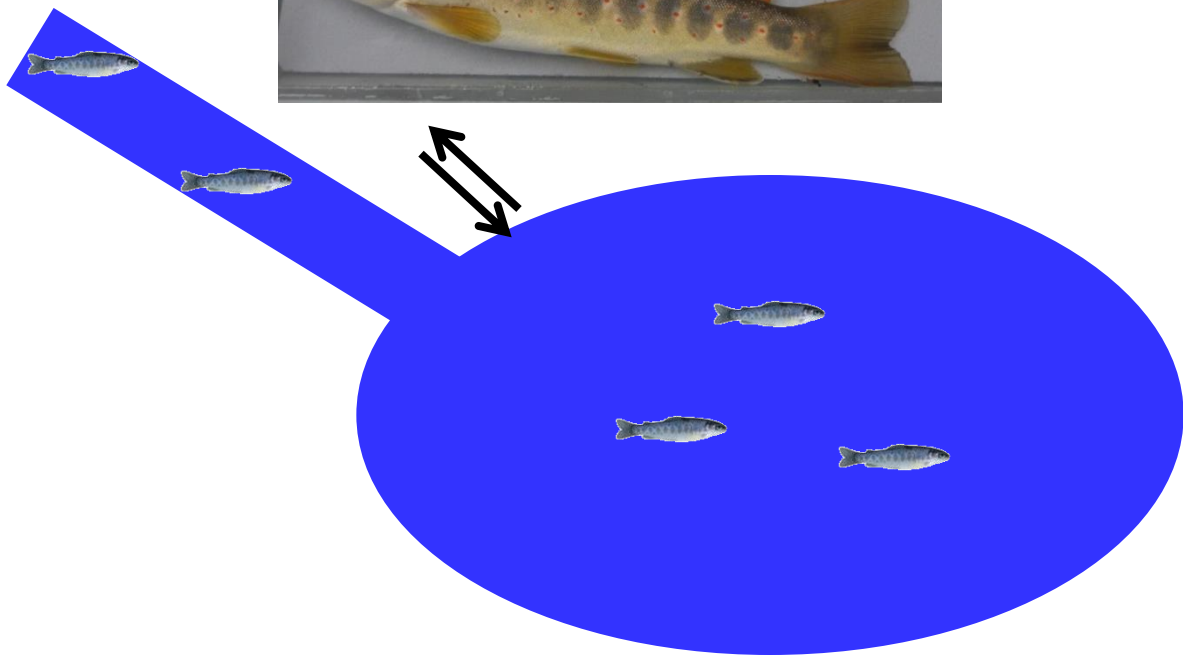
Warum wandern? Warum nicht?

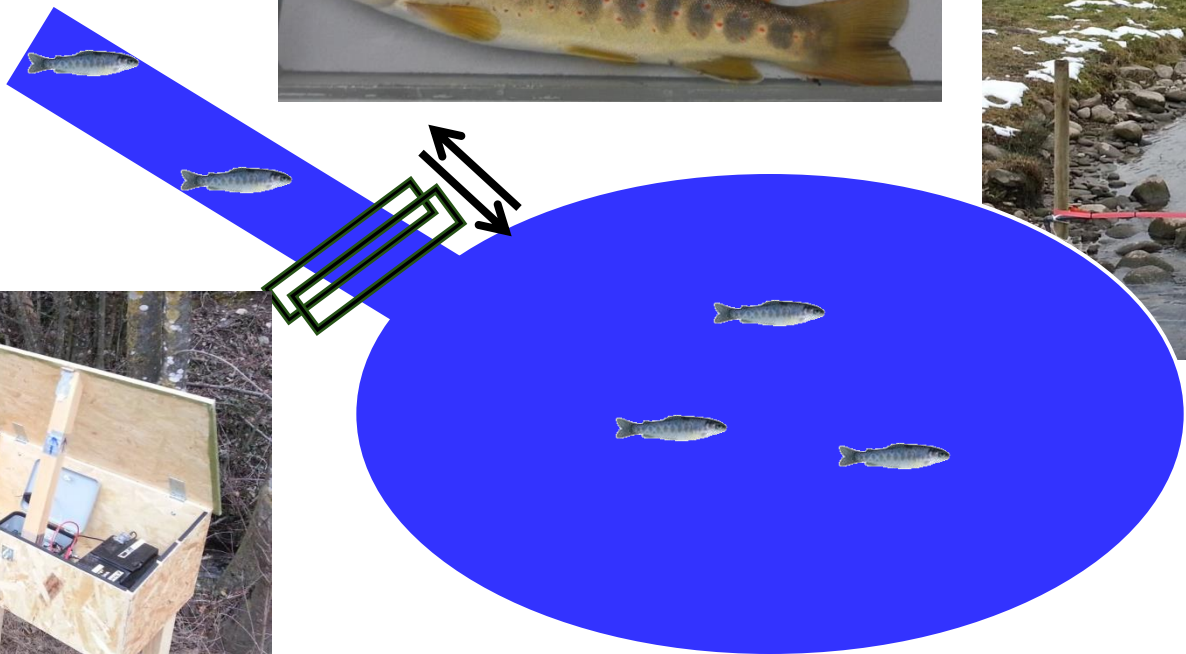
- Wandernde Individuen haben ein grösseres Mortalitätsrisiko
- Das bedeutet eine niedrigere Wahrscheinlichkeit, ihre Gene an die nächste Generation weiterzugeben



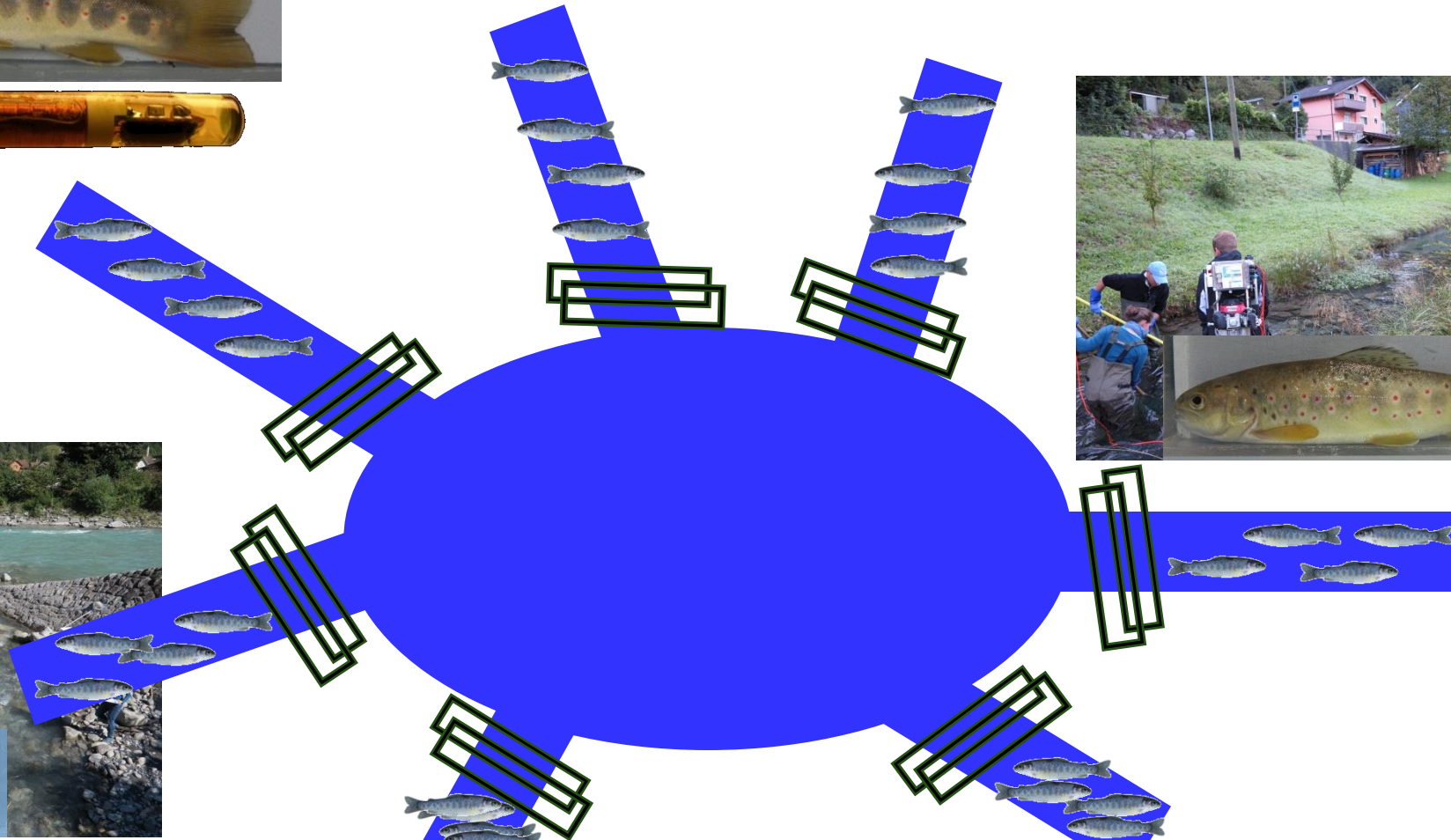
Überwachung Seeforellenwanderungen





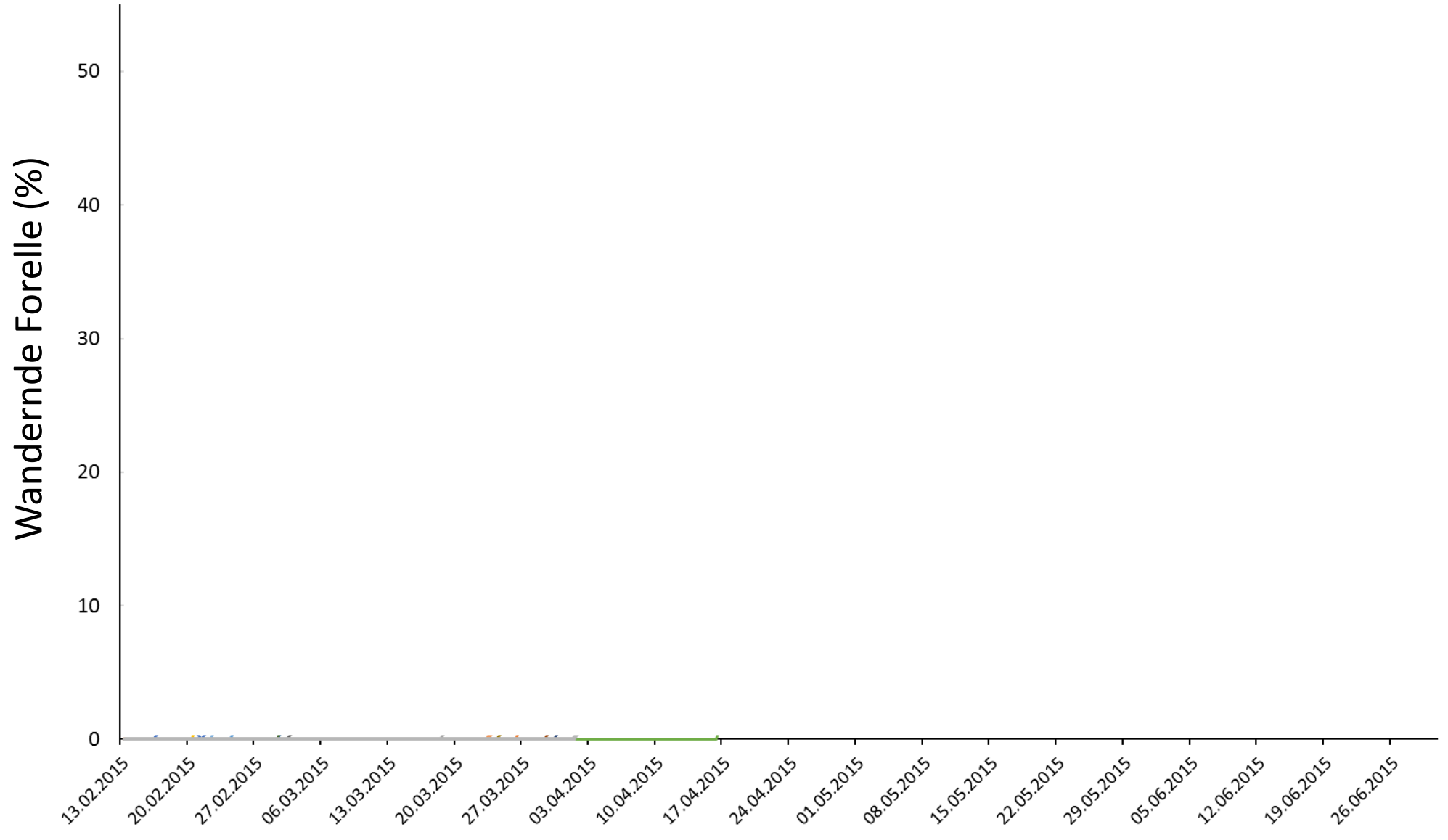


Überwachung Seeforellenwanderungen



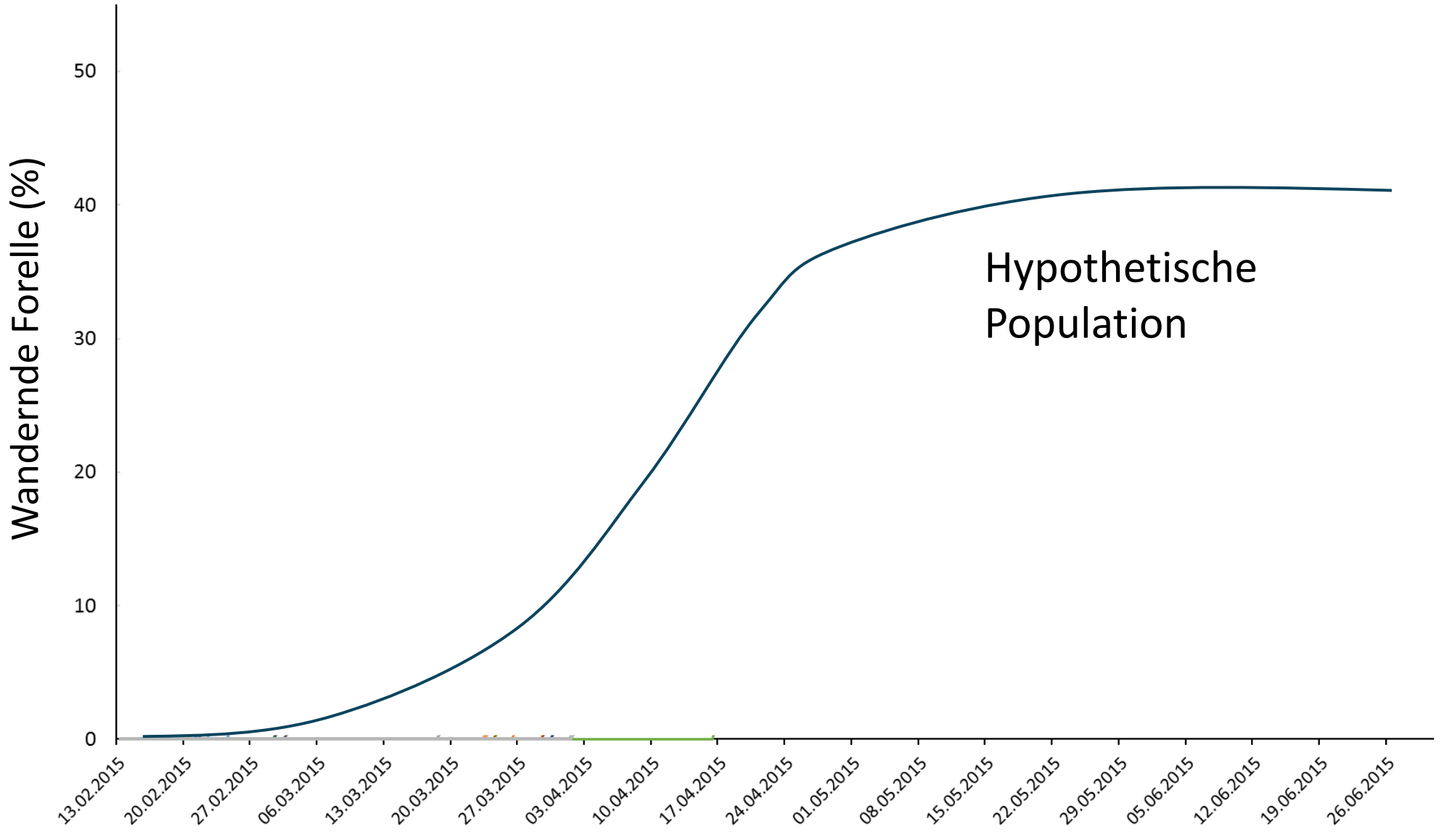
Unterschiede im Anteil See-wandernder Forellen

Partielle- and
differenzielle
Wanderung



Unterschiede im Anteil See-wandernder Forellen

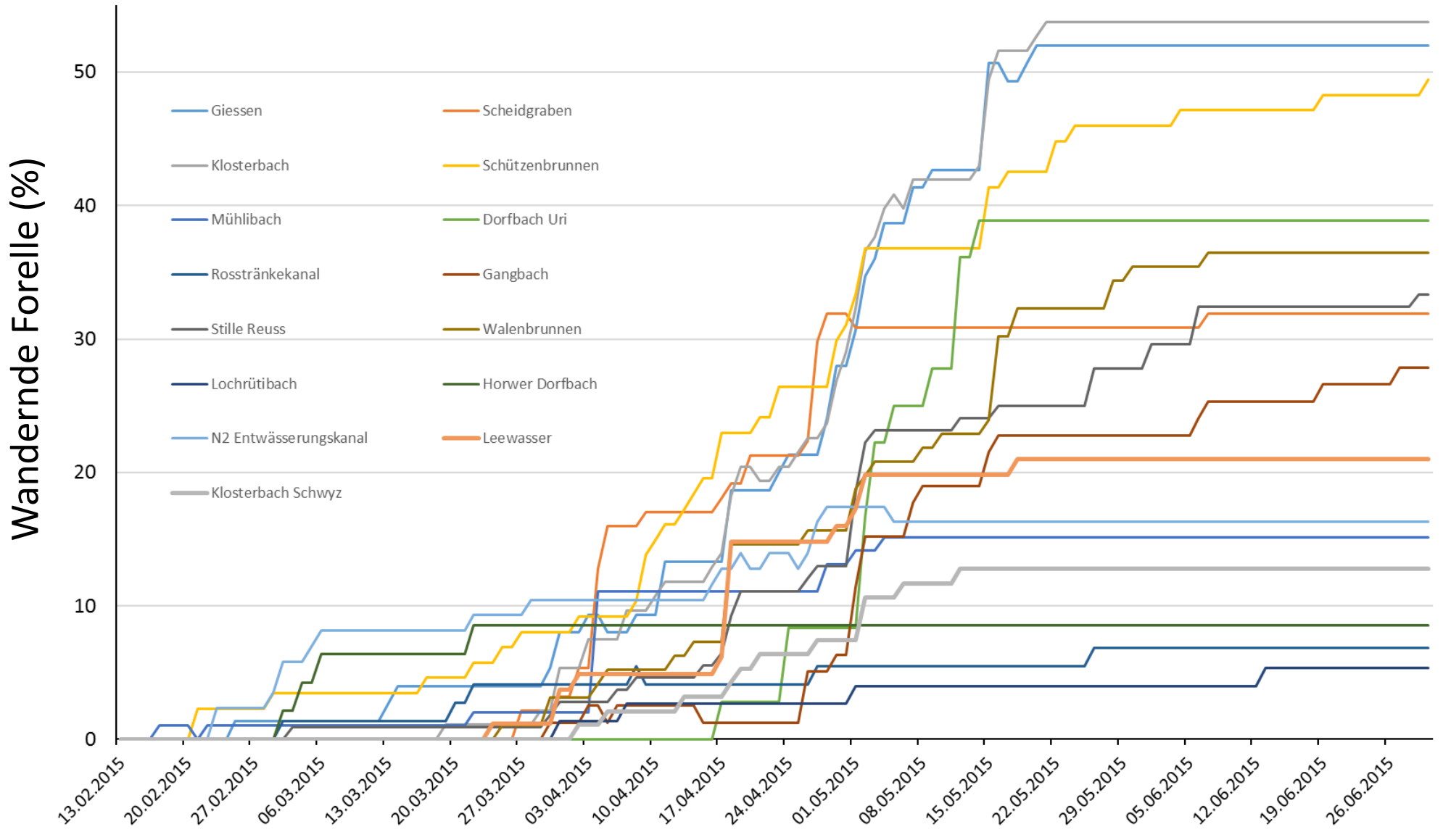
Partielle- and
differenzielle
Wanderung



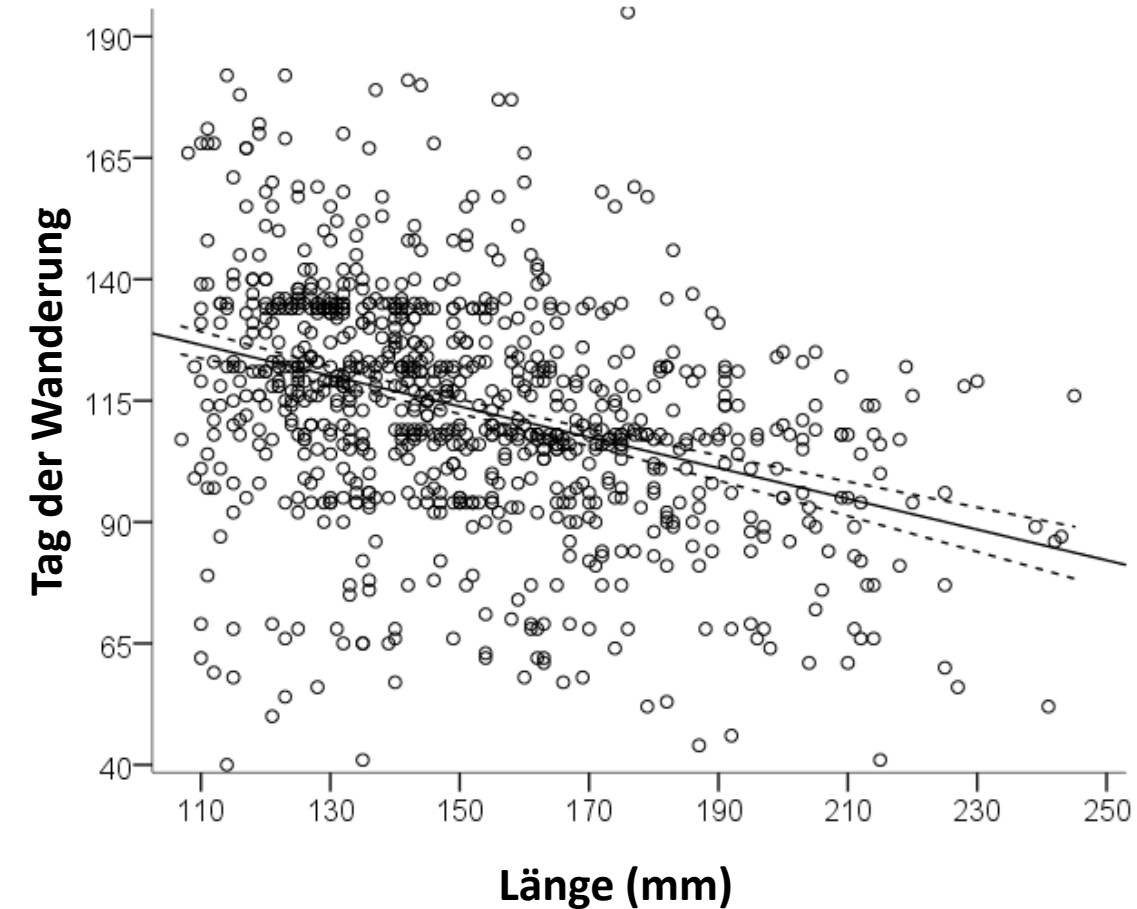
Hypothetische
Population

Unterschiede im Anteil See-wandernder Forellen

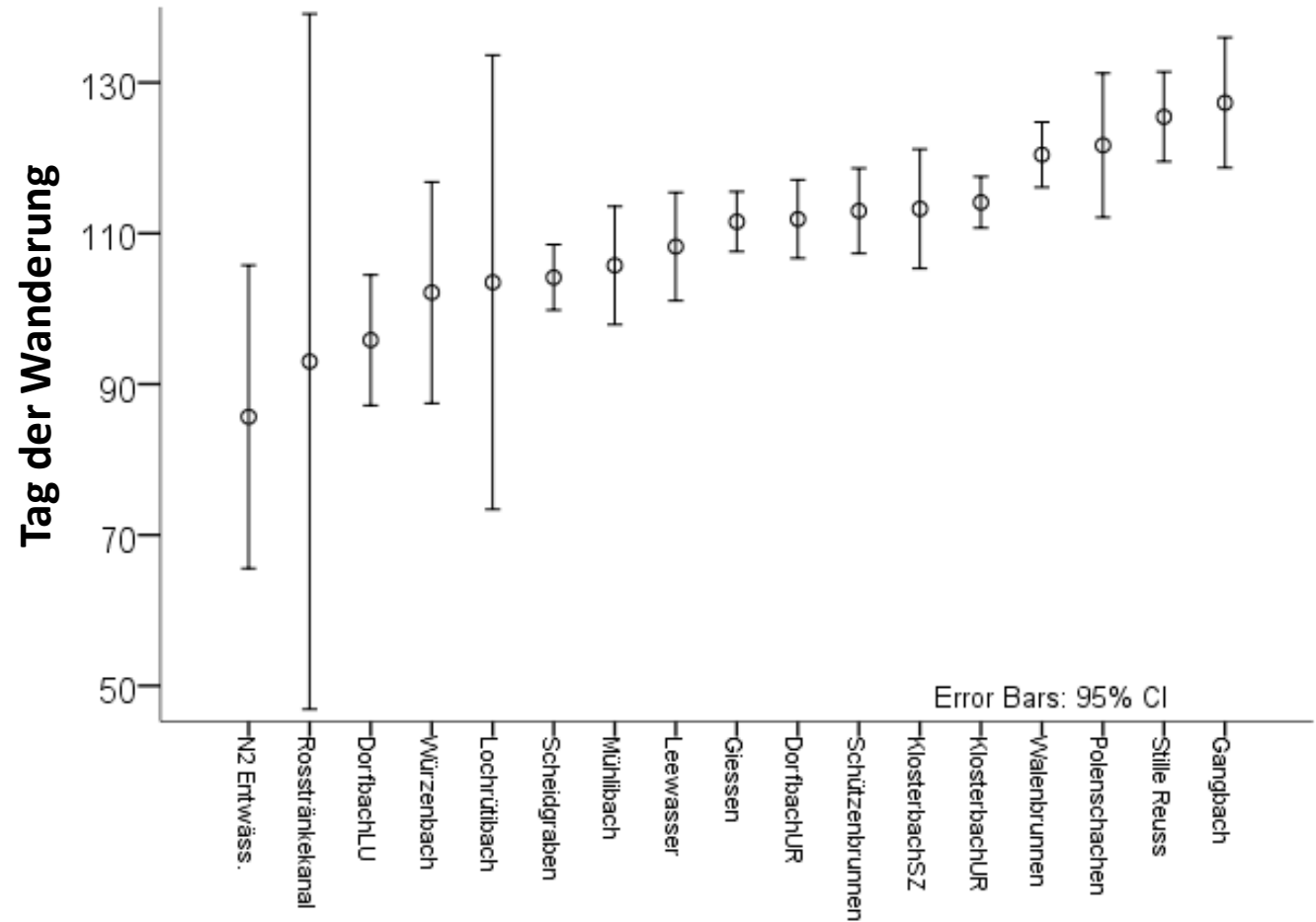
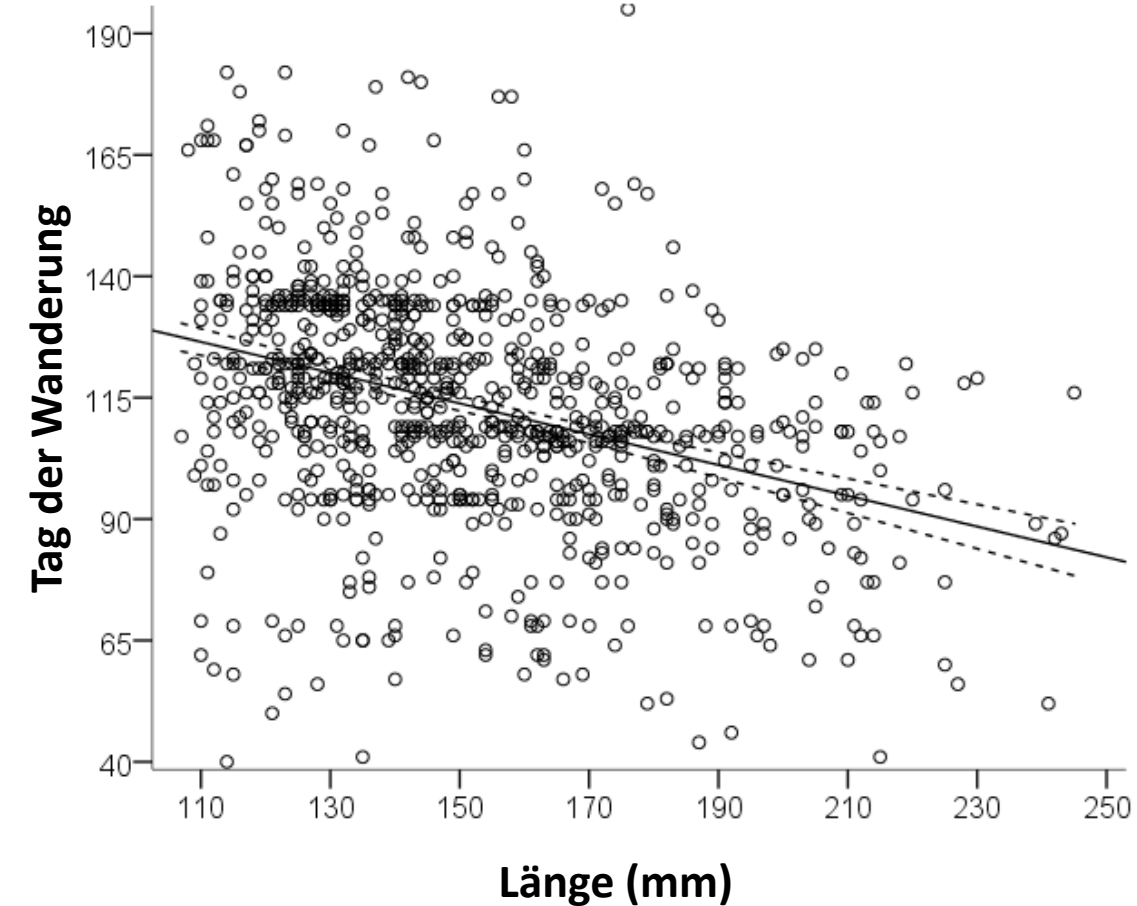
Partielle- and
differenzielle
Wanderung



Zeitpunkt der Wanderung

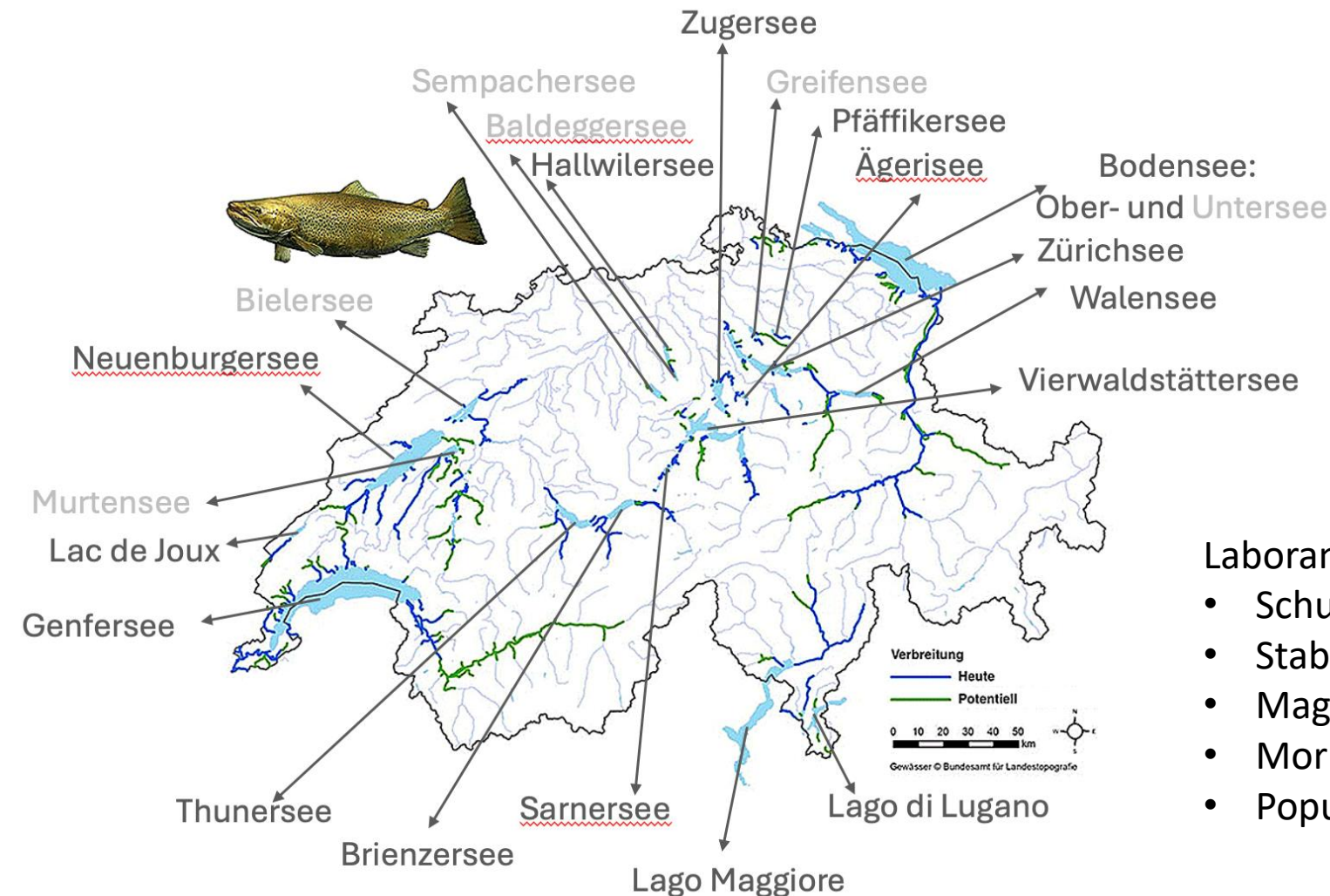


Zeitpunkt der Wanderung



Error Bars: 95% CI

Projekt Schweizer Seeforellenpopulationen



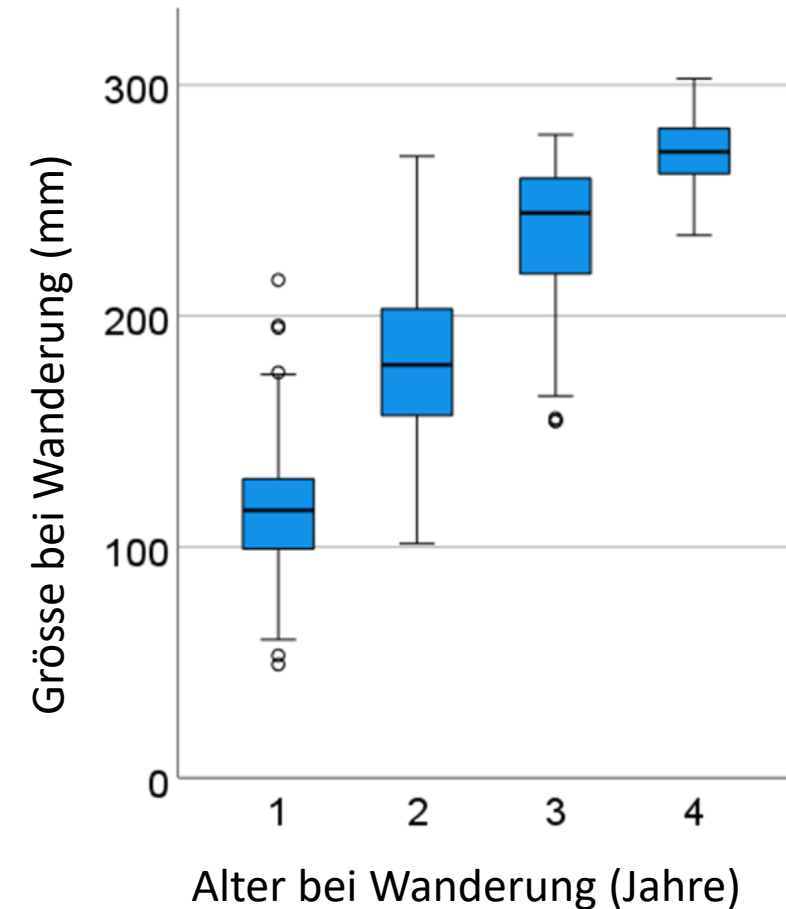
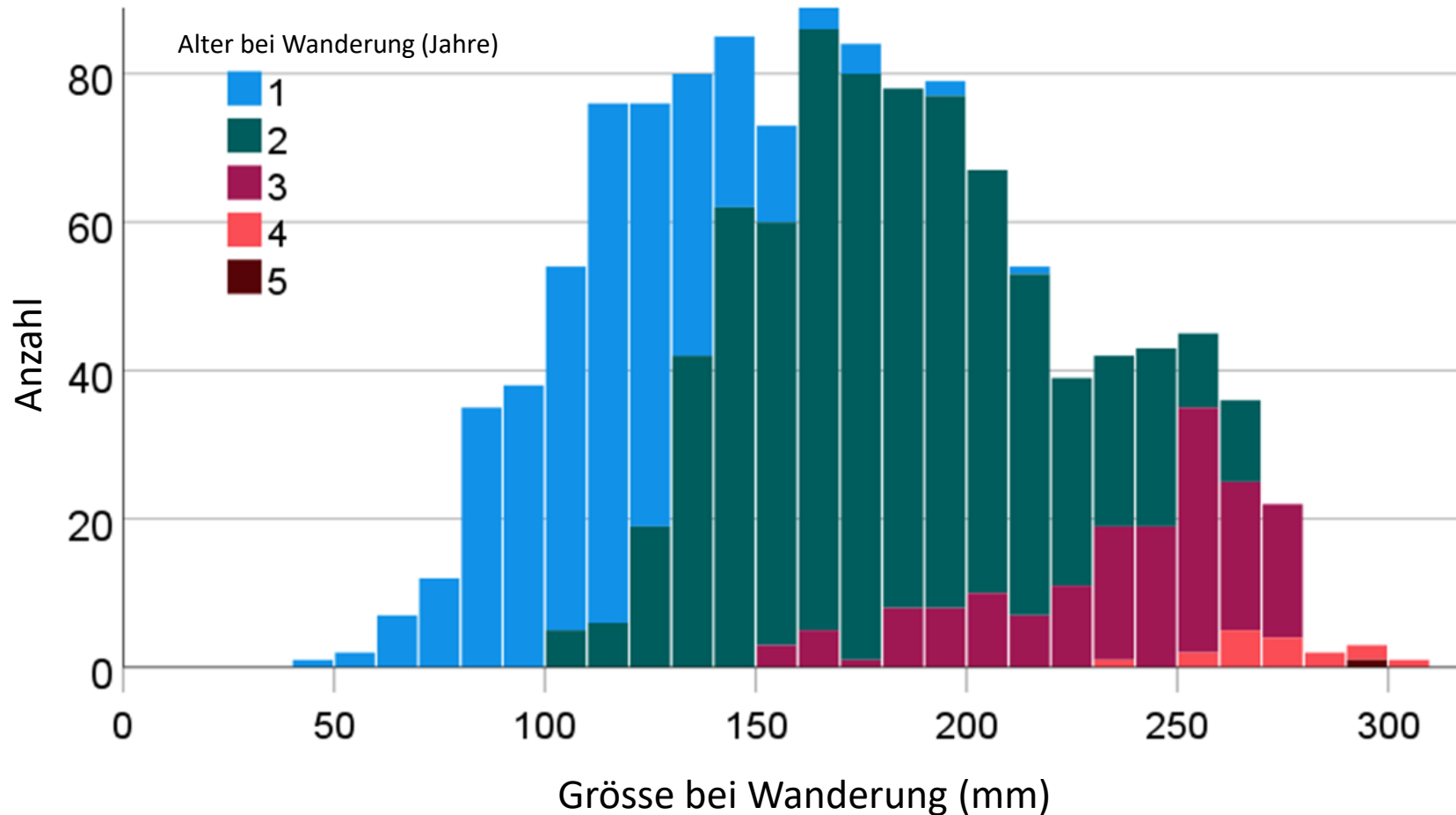
Probensammlung:

- Laichfischfang (N > 2500)
- Referenzbefischungen (N ~7000)
- Karkassensammlung von Berufsfischern und Hobbyanglern (N ~ 1300)

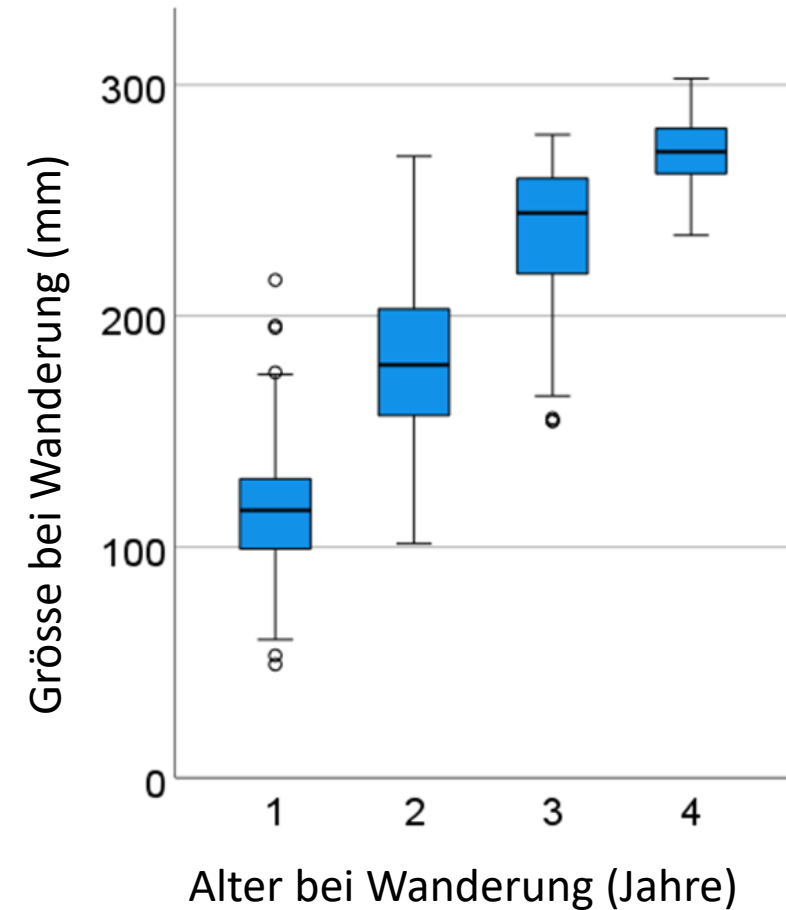
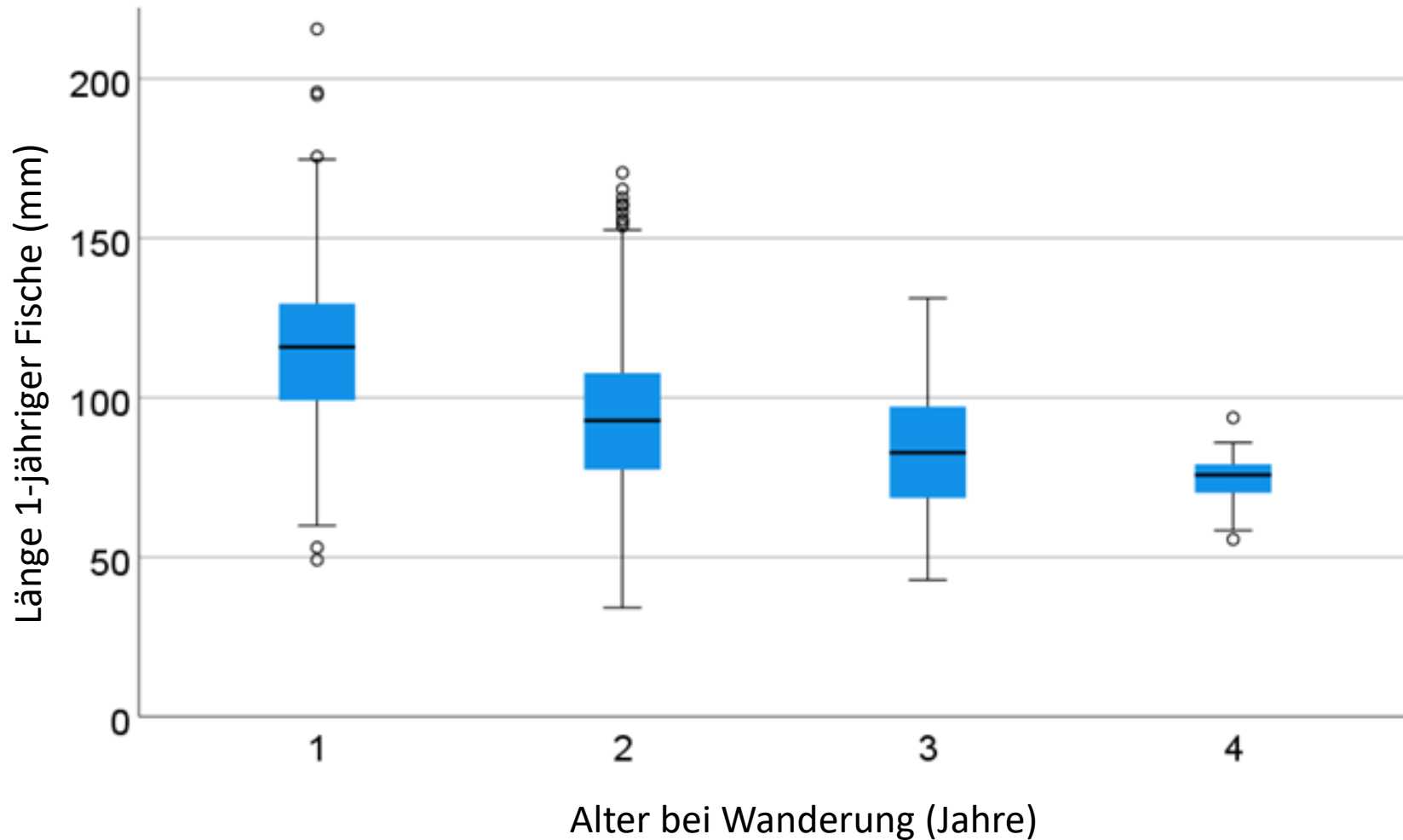
Laboranalysen:

- Schuppen (Wachstum und Wanderungsgeschichte)
- Stabile Isotopenanalysen
- Magenanalysen
- Morphologische Analysen
- Populationsgenetische Analysen

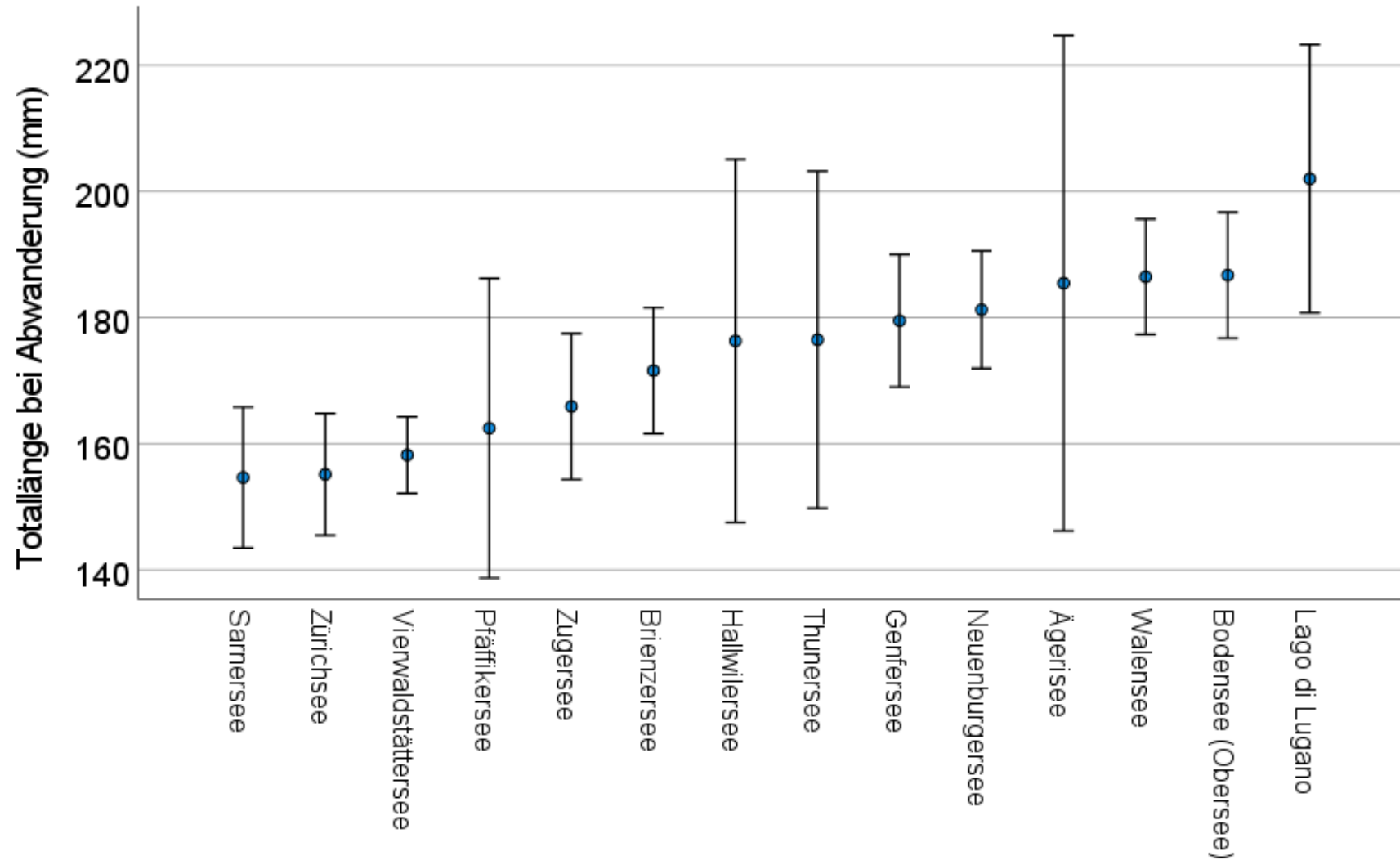
Länge/Alter bei der Abwanderung



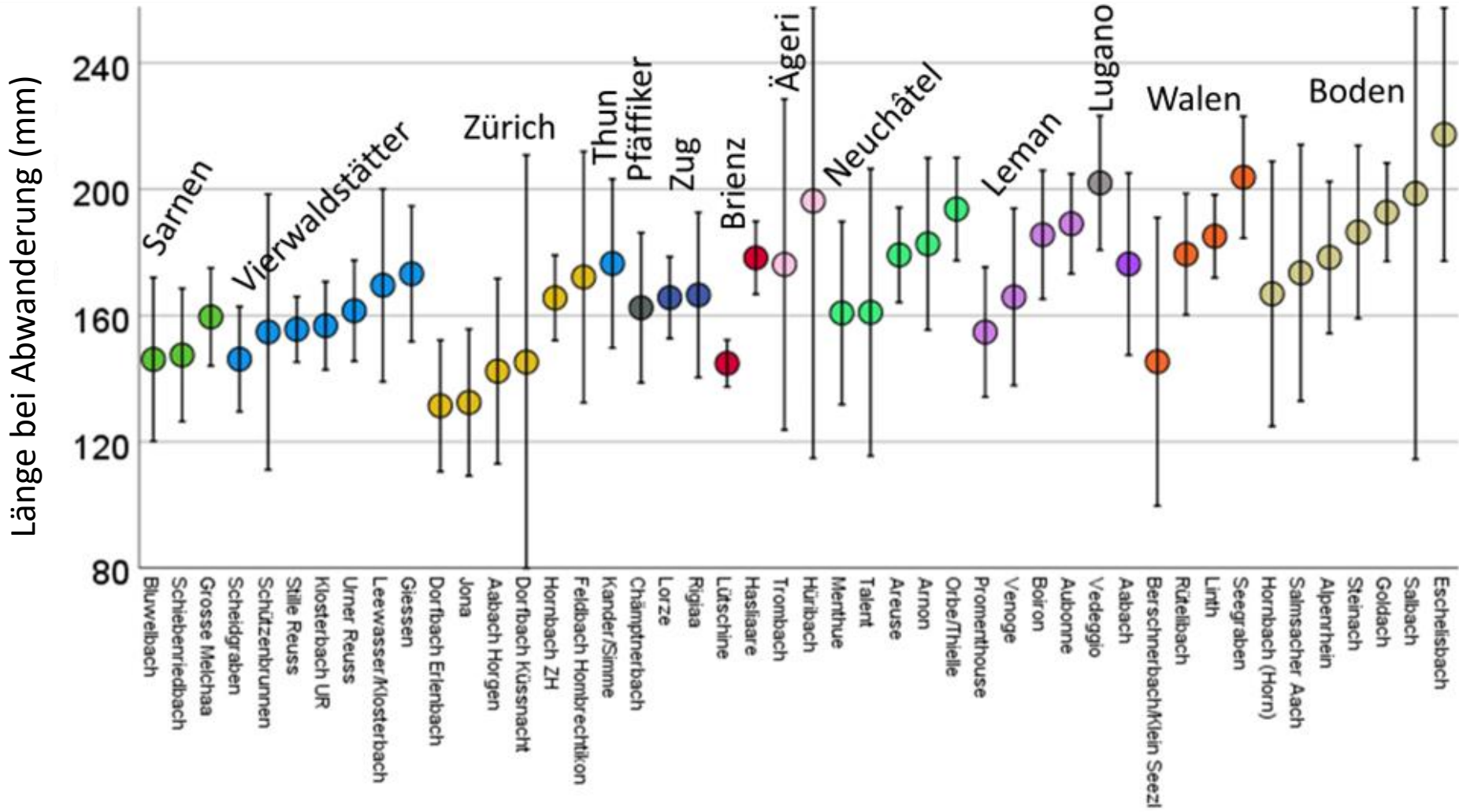
Länge/Alter bei Abwanderung



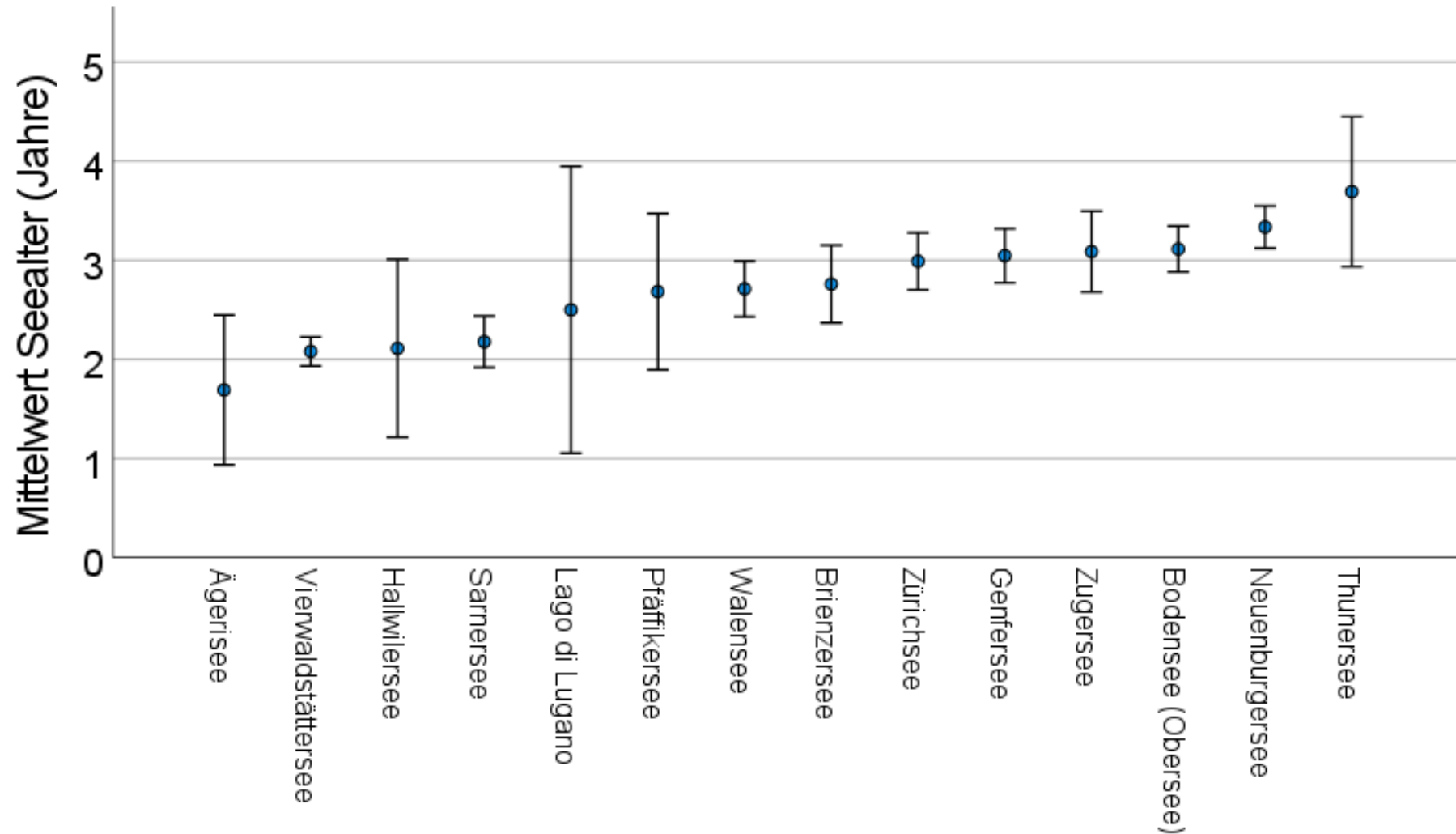
Länge bei der Abwanderung: Unterschiede



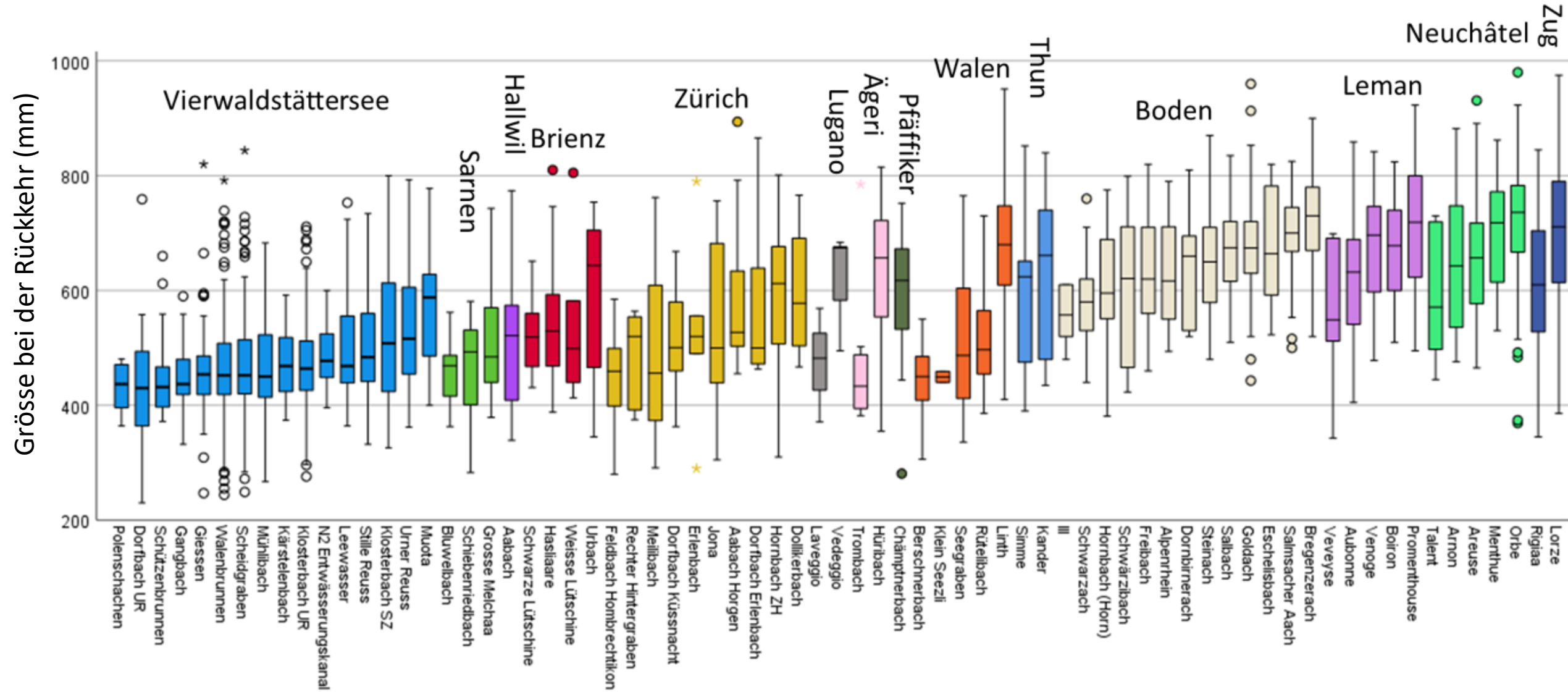
Länge bei der Abwanderung: Unterschiede



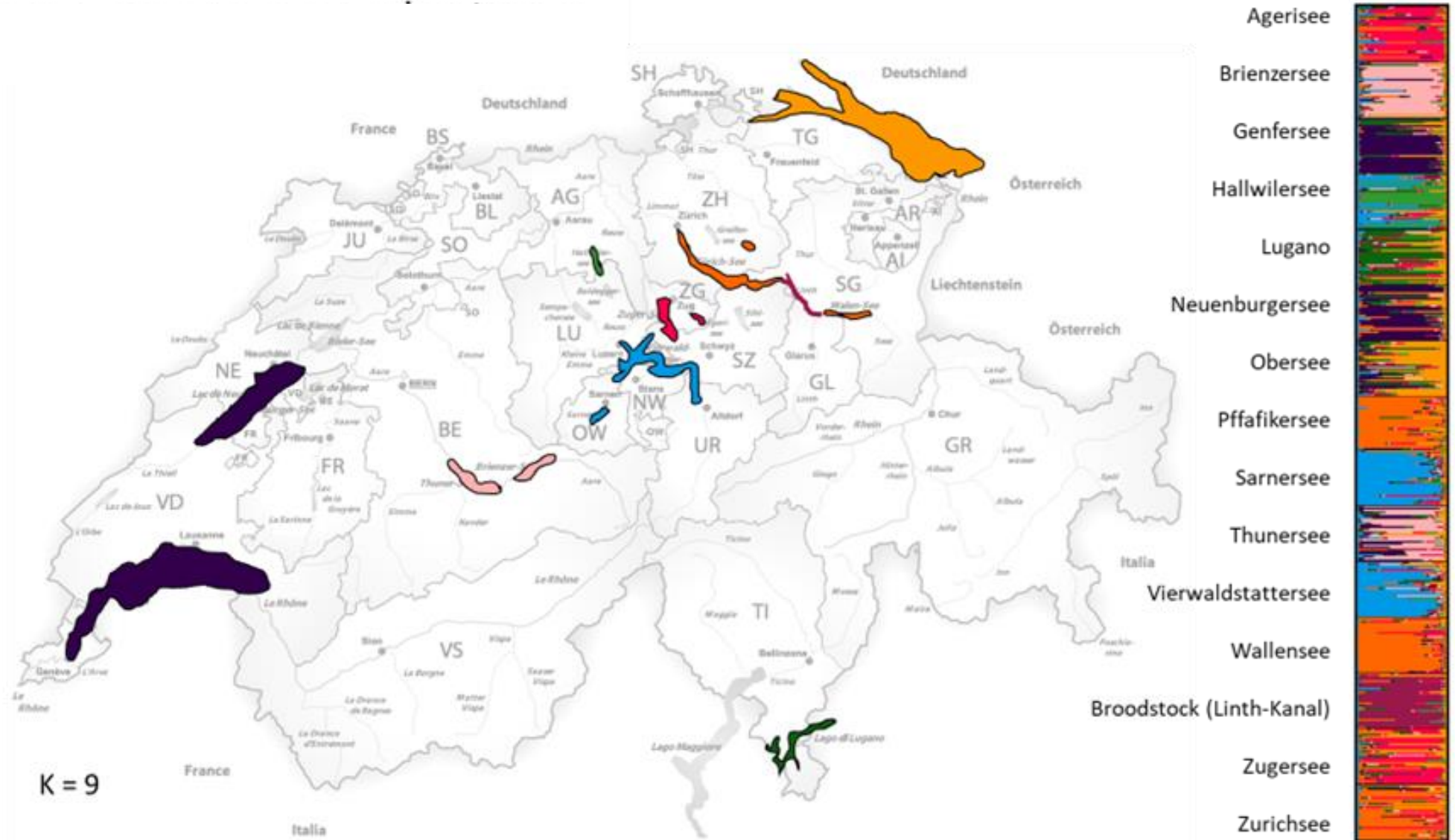
Jahre im See vor der Rückkehr: Unterschiede



Grösse bei der Rückkehr: Unterschiede

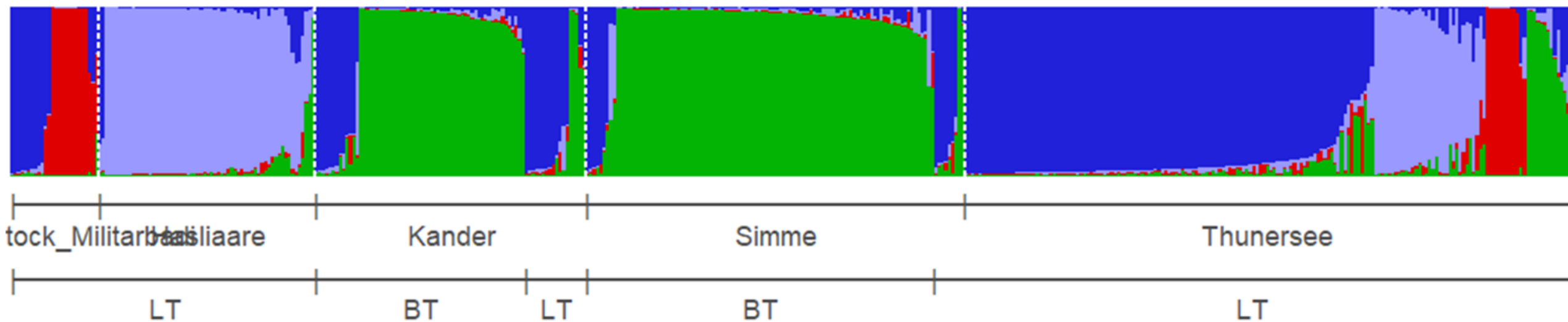


Verwandtschaften zwischen Seen



Beispiel: Thunersee (mit Brienersee)

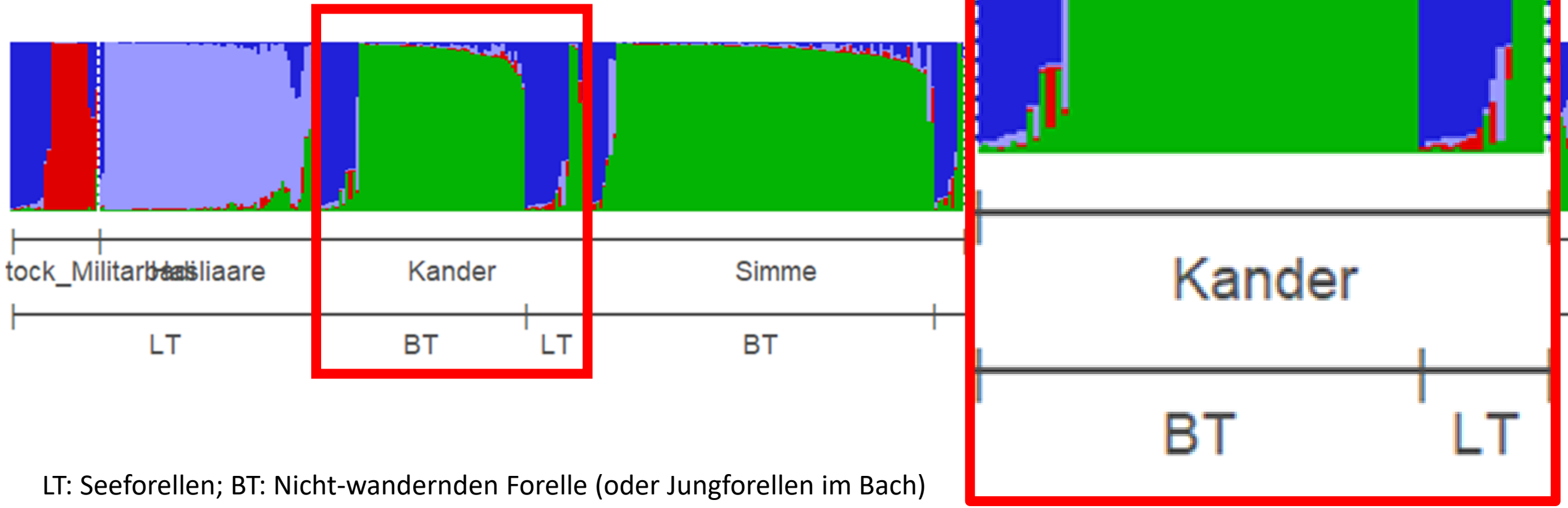
- Oft beobachtet: Bachforellen & Seeforellen scheinen aus zwei verschiedenen Populationen zu kommen.



LT: Seeforellen; BT: Nicht-wandernde Forellen (oder Jungforellen im Bach)

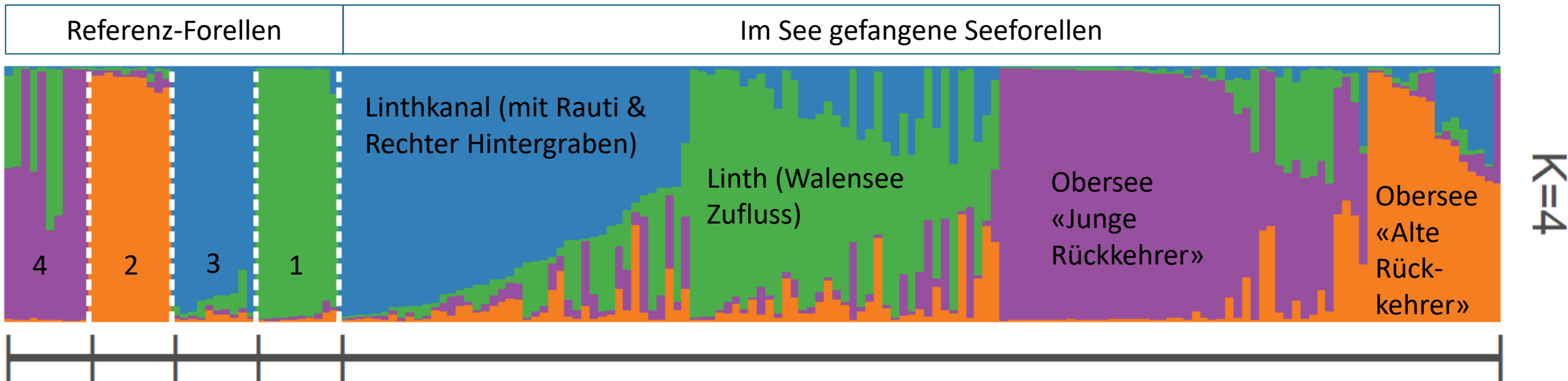
Beispiel: Thunersee (mit Brienersee)

- Oft beobachtet: Bachforellen & Seeforellen verschiedene Populationen zu kommen.



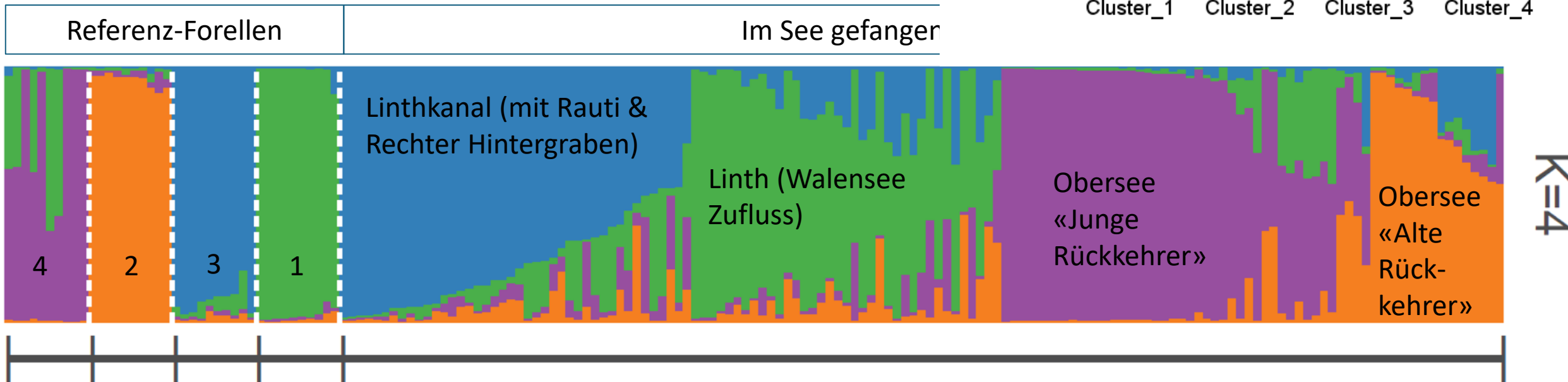
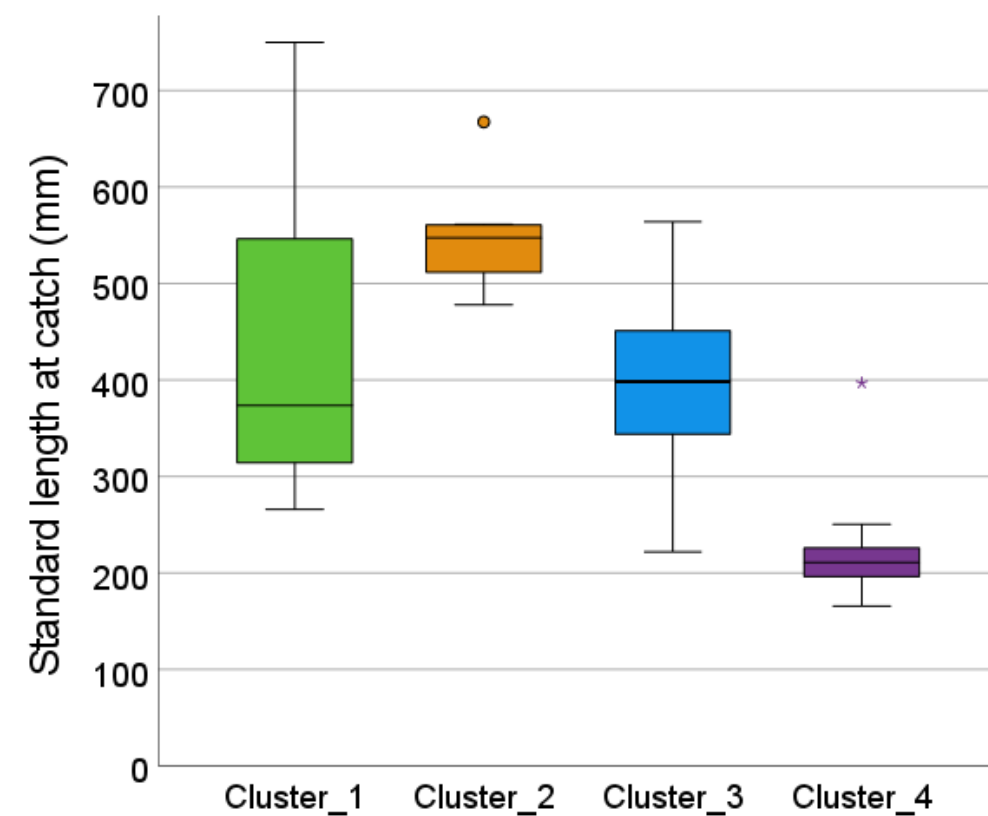
Beispiel Zürichsee (mit Walensee)

- Der Fang im See besteht aus Seeforellen von verschiedenen genetischen Gruppen mit unterschiedlichen Eigenschaften.

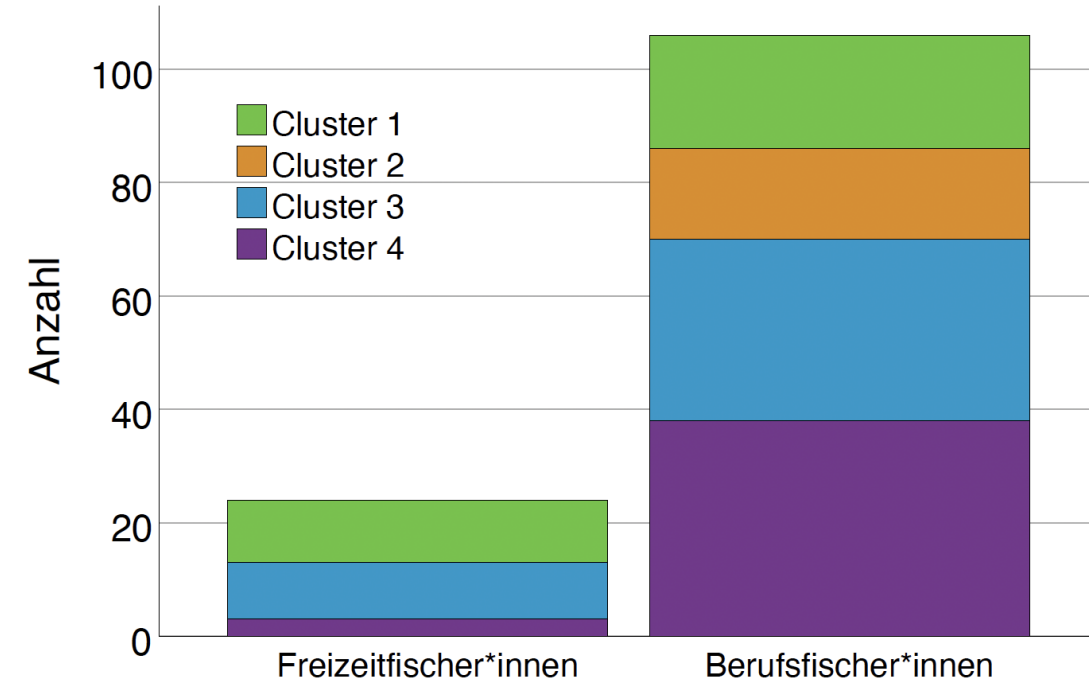
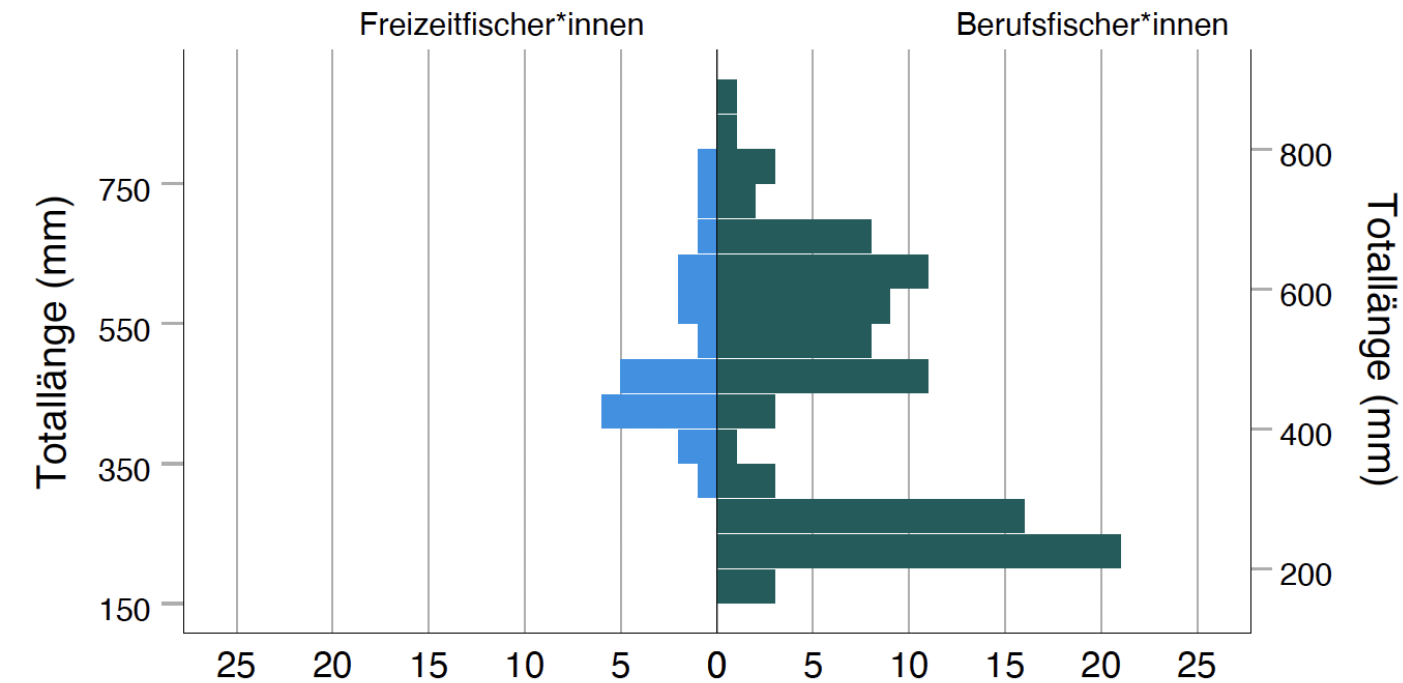


Beispiel Zürichsee (mit Wale)

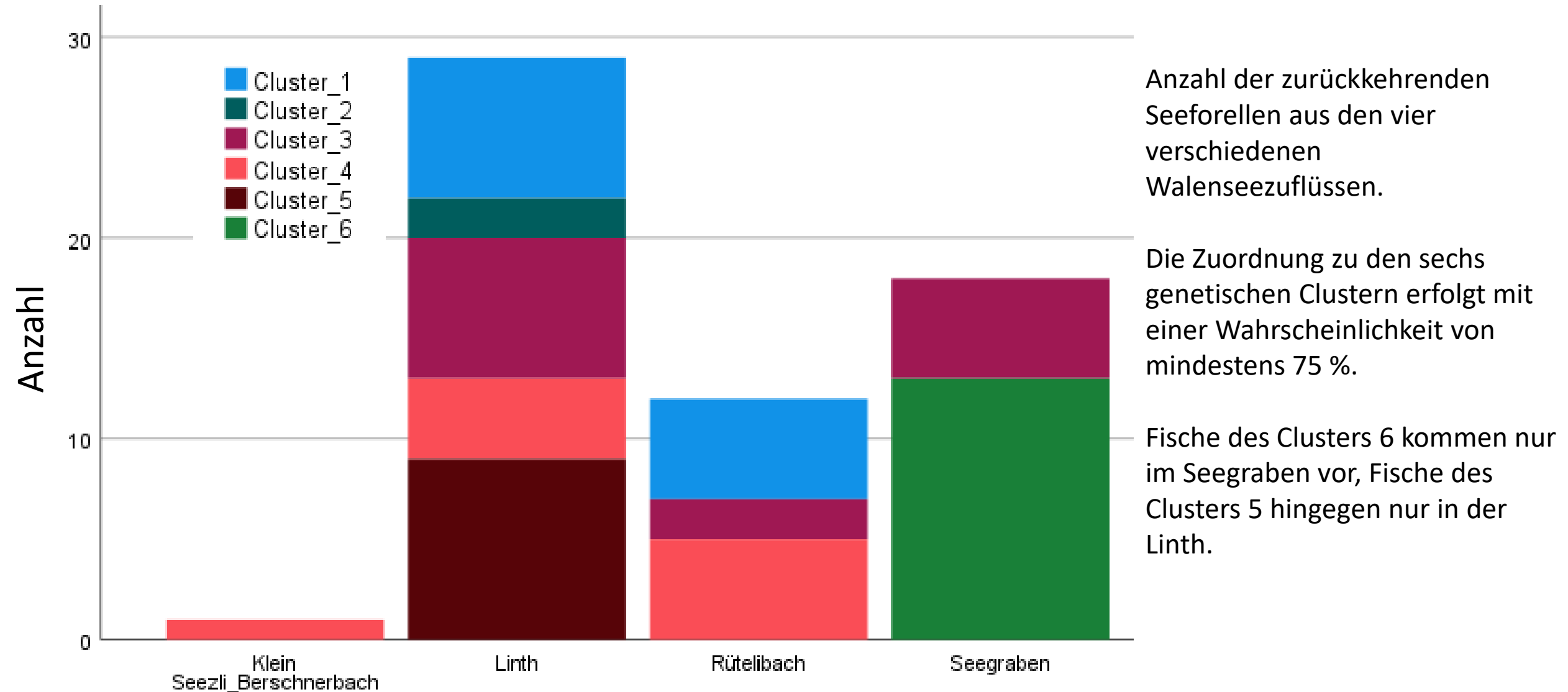
- Der Fang im See besteht aus Seeforellen und verschiedene genetischen Gruppen mit unterschiedlichen Eigenschaften.



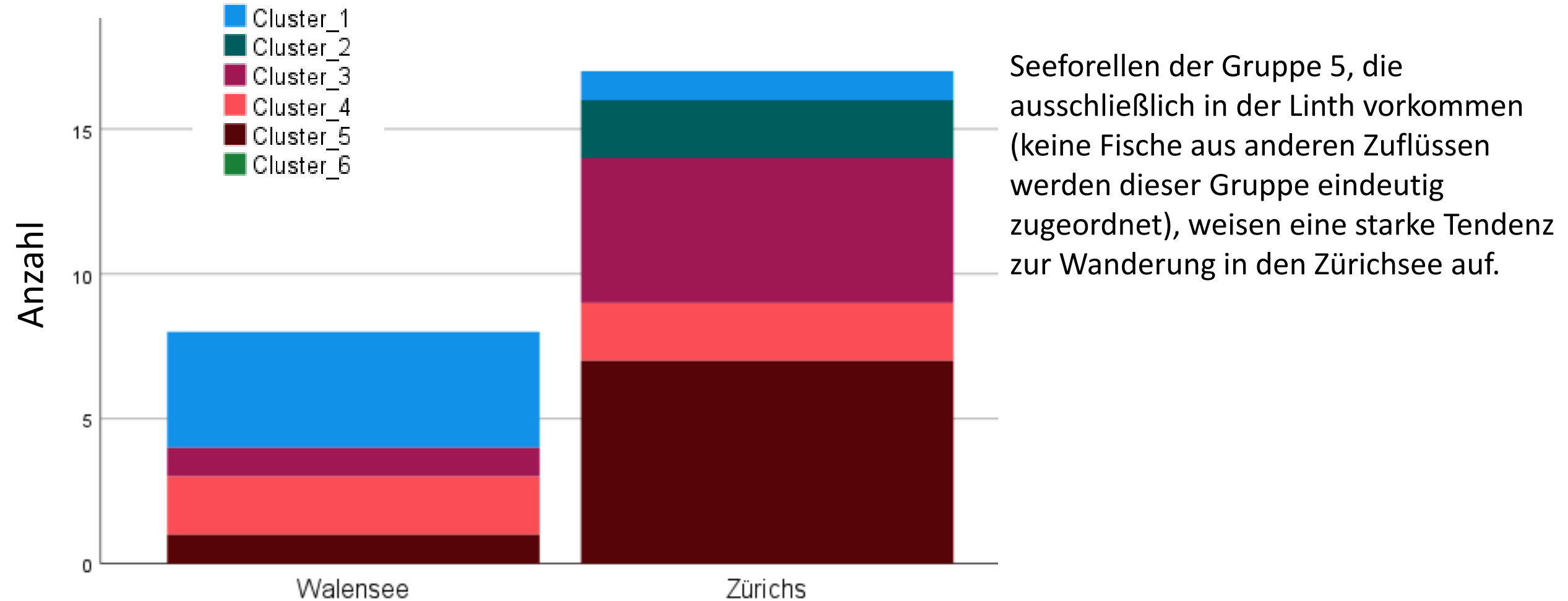
Beispiel Zürichsee (mit Walensee)



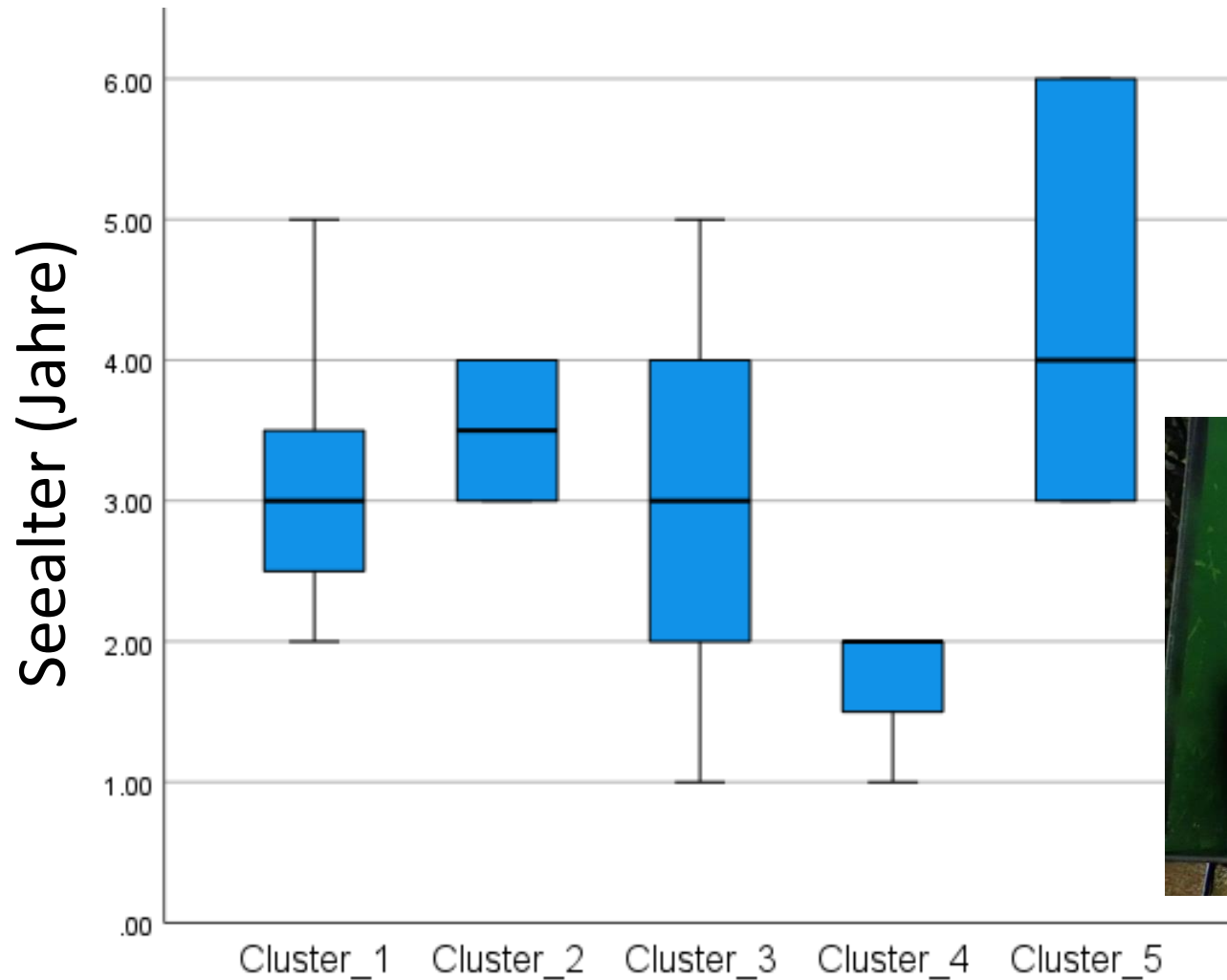
Genetische Struktur der Walensee-Zuflüsse



Wie viele Linth-Seeforellen waren in Zürichsee?



Unterschiede in See-Alter zwischen Clustern

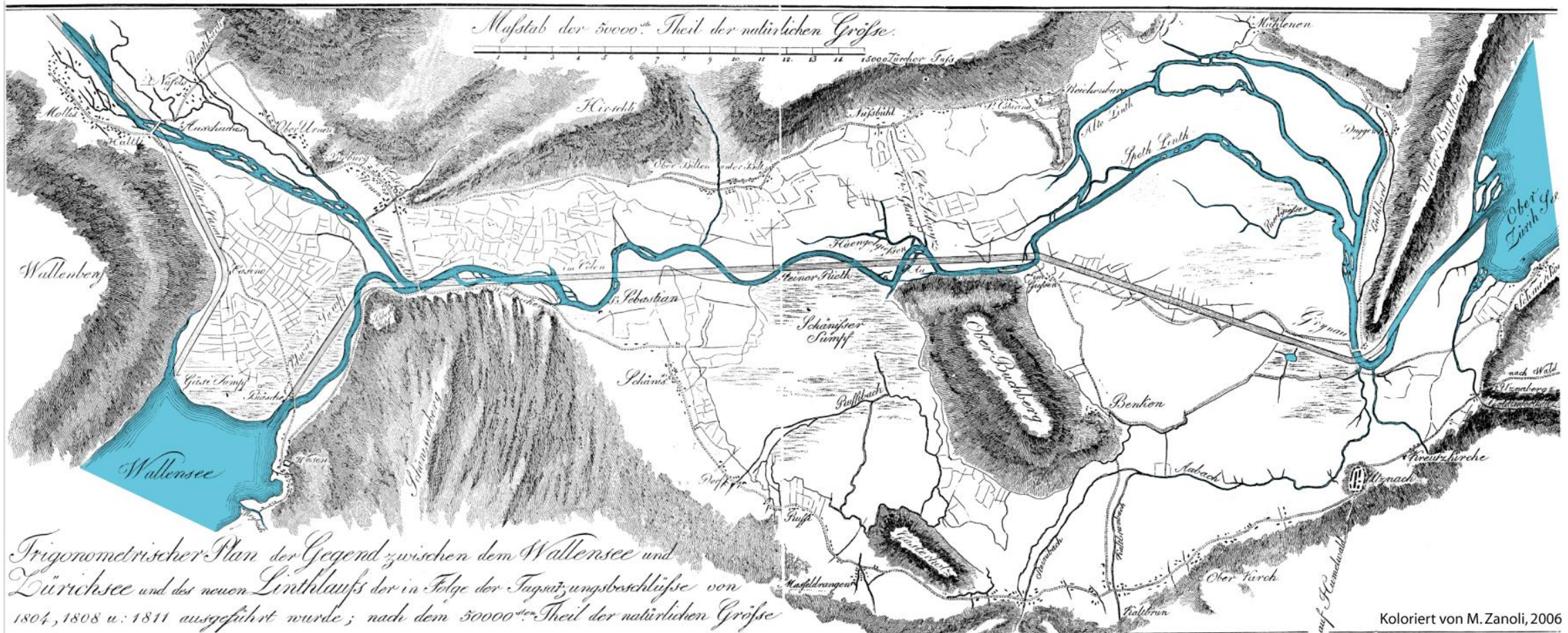


See-Alter ist Anzahl Jahren im See vor der aktuellen Rückkehr



Ergebnisse Schweizer Seeforellen-Projekt

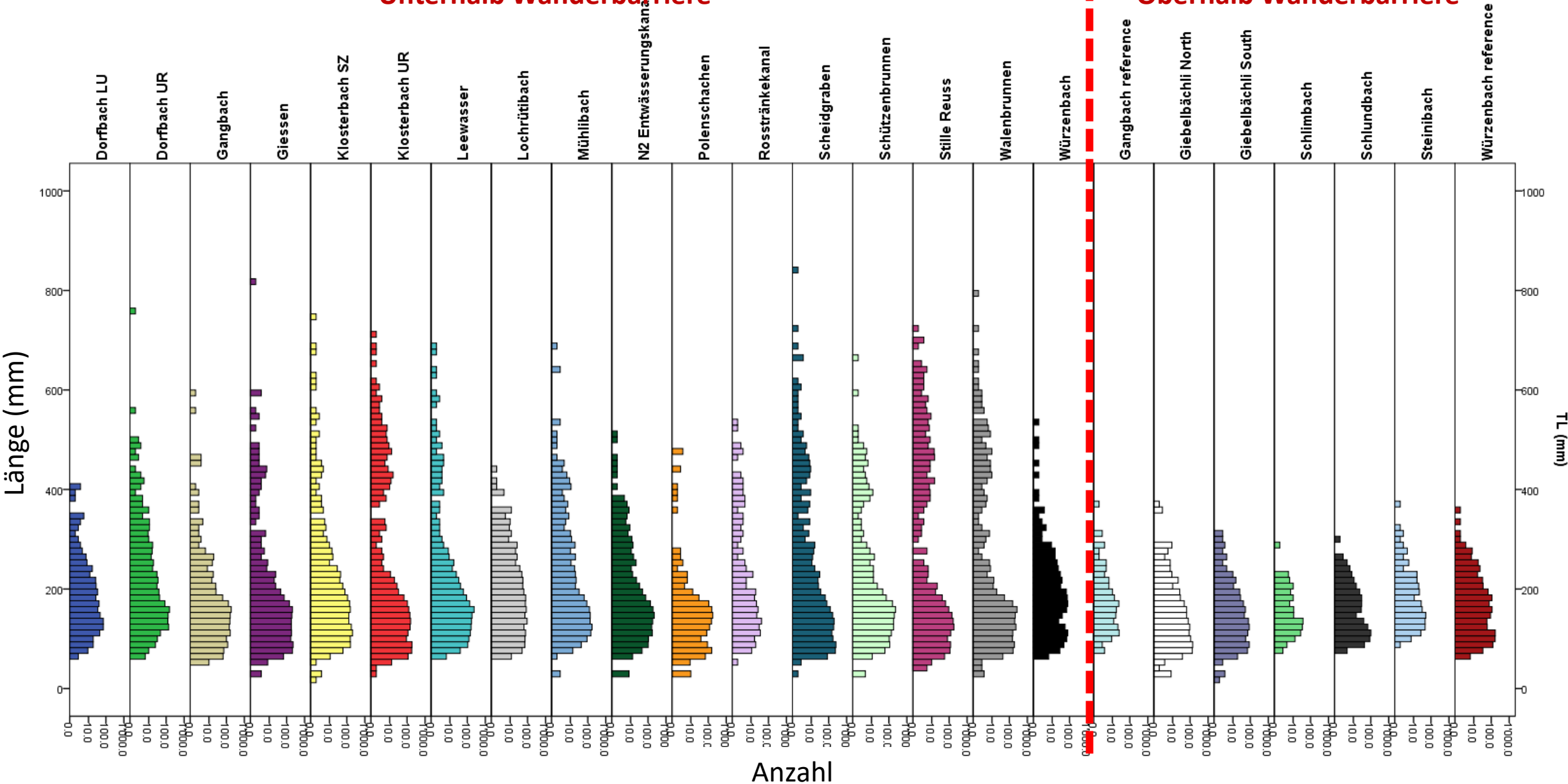
Dabei ist zu bedenken, dass die Linth ursprünglich nicht in den Walensee, sondern in den Zürichsee mündete – bis zur Linthkorrektur 1807–1823 – also vor rund 200 Jahren. Dies entspricht knapp 34 Generationen von Seeforellen (bei einer angenommenen Lebensspanne von zwei Jahren in den Geburtsgewässern und vier Jahren im See vor dem Laichen).



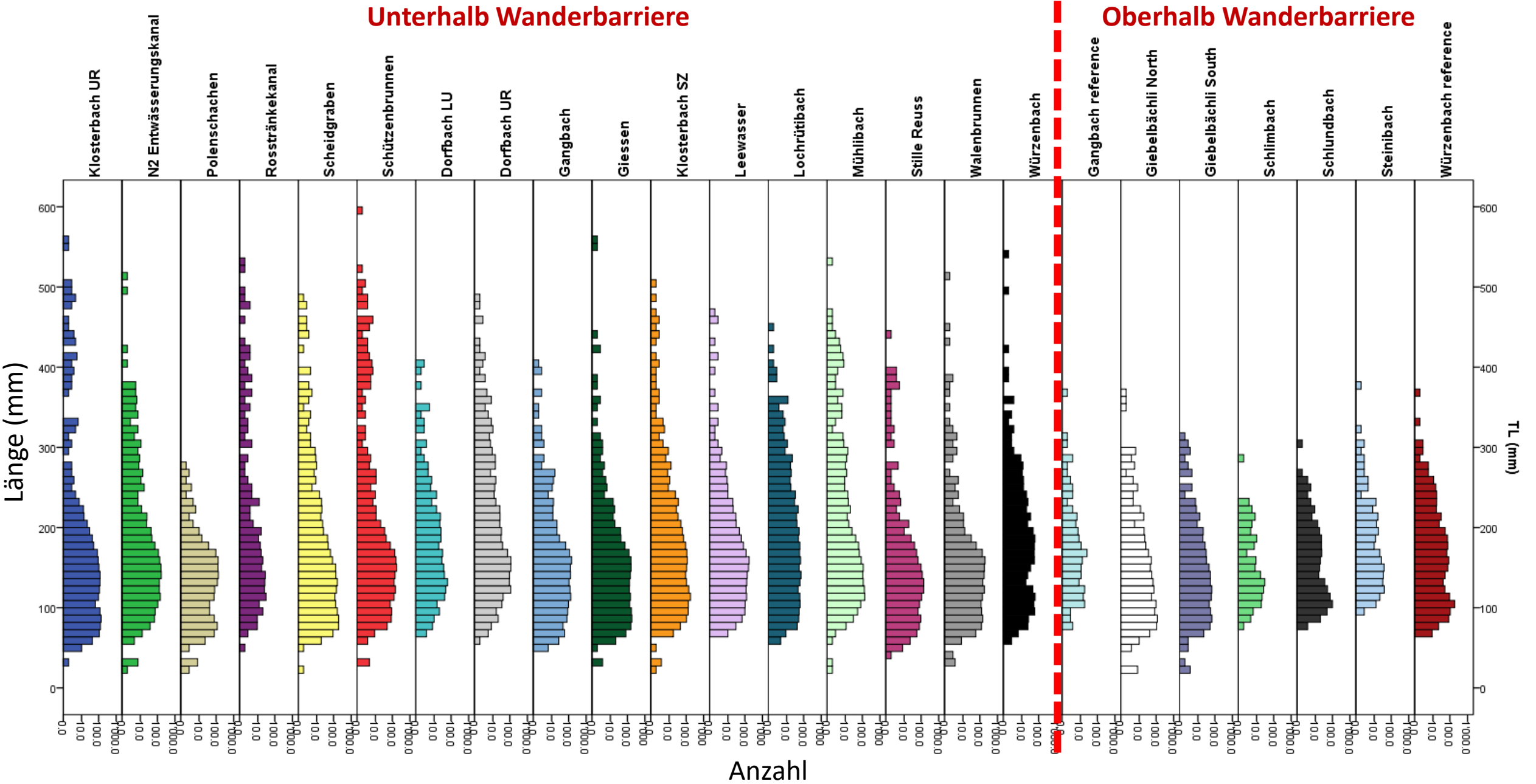
Einfluss der Wanderung auf das Ökosystem: Vierwaldstättersee Zuflüsse (alle Forellen)

Unterhalb Wanderbarriere

Oberhalb Wanderbarriere



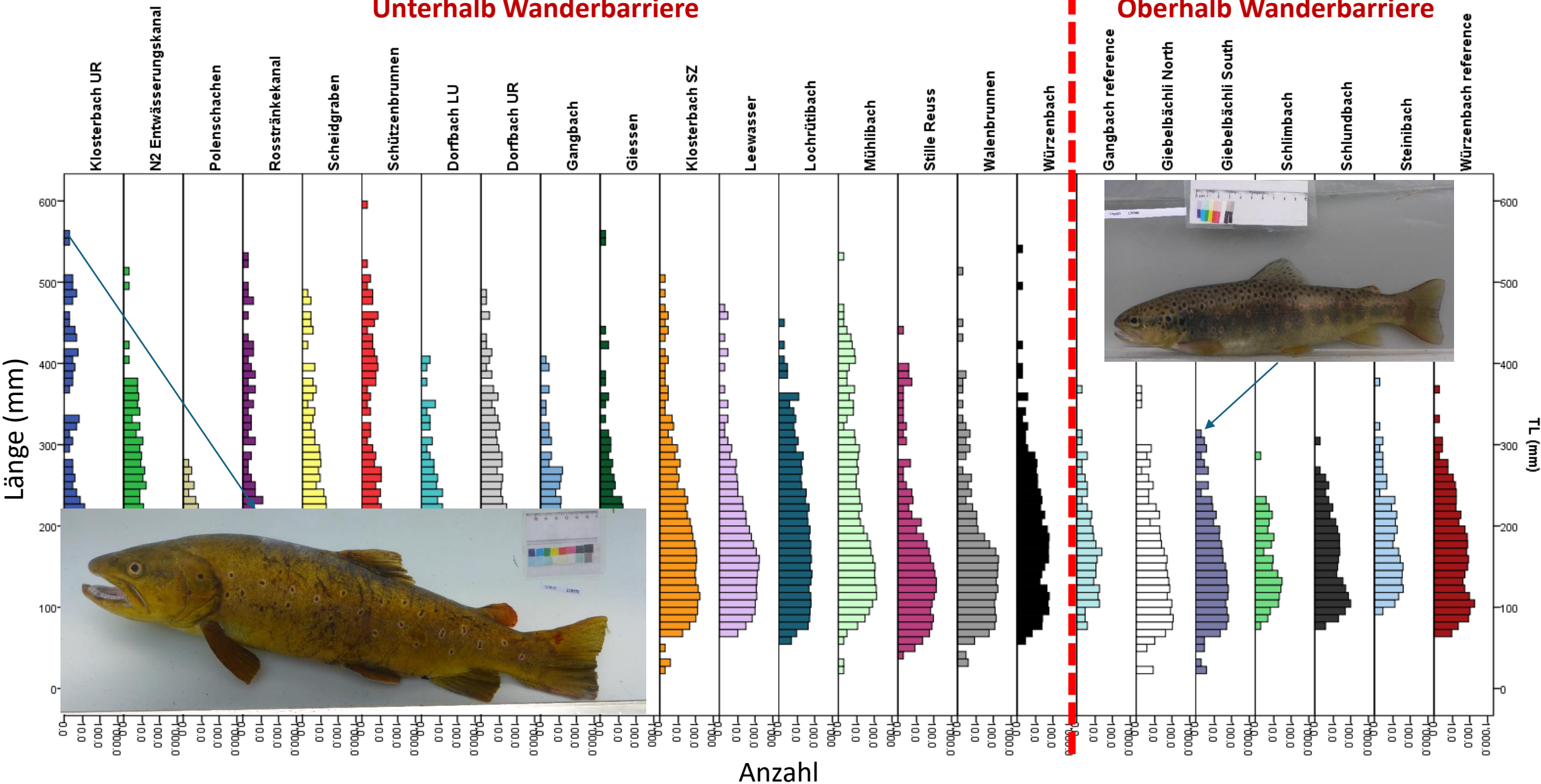
Einfluss der Wanderung auf das Ökosystem: Vierwaldstättersee Zuflüsse
(nur Bachforellen)



Einfluss der Wanderung auf das Ökosystem: Vierwaldstättersee Zuflüsse
(nur Bachforellen)

Unterhalb Wanderbarriere

Oberhalb Wanderbarriere



Zucht mit Laichfischfang

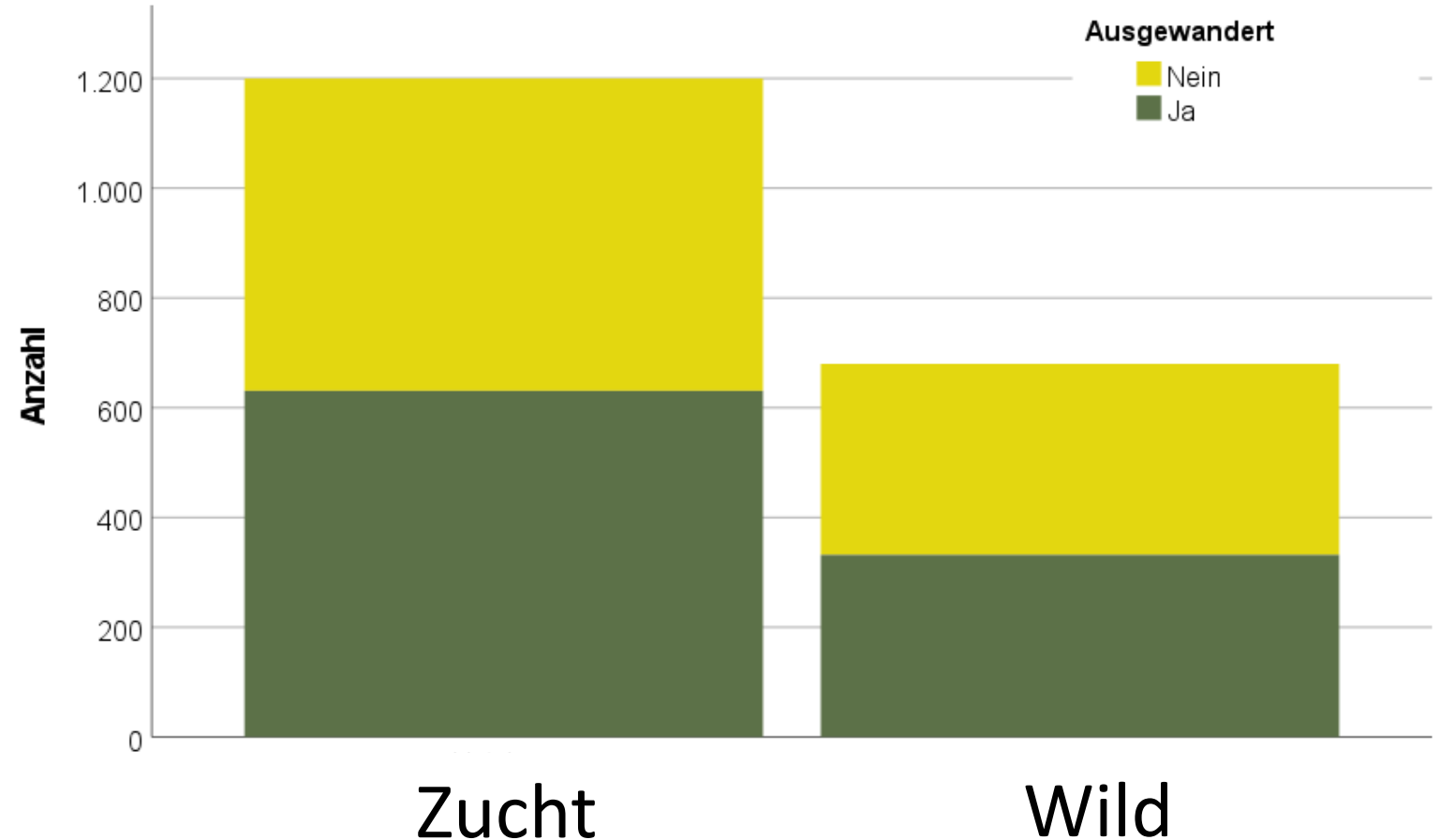
- Fang von rückkehrende Seeforellen
- Streifen in Zuchtanlagen
- Befruchtung der Eier
- Eier in Inkubatoren bis zum Schlupf
- Aufzucht der Jungfische zu Sömmerlingen oder Jährlingen

Studie: Schicksale Brut- und Wildforellen

- Forellen die 2018 markiert wurden (Wild- und Brutforellen)
- Besatz in sechs verschiedene Vierwaldstättersee-Zuflüsse
- Untersuchung:
 - Anteil Wanderer
 - Zeitpunkt der Wanderung
 - Rückkehrwahrscheinlichkeit
 - Schicksale nicht-wandernder Forellen

Ergebnisse: Anteil Wanderer

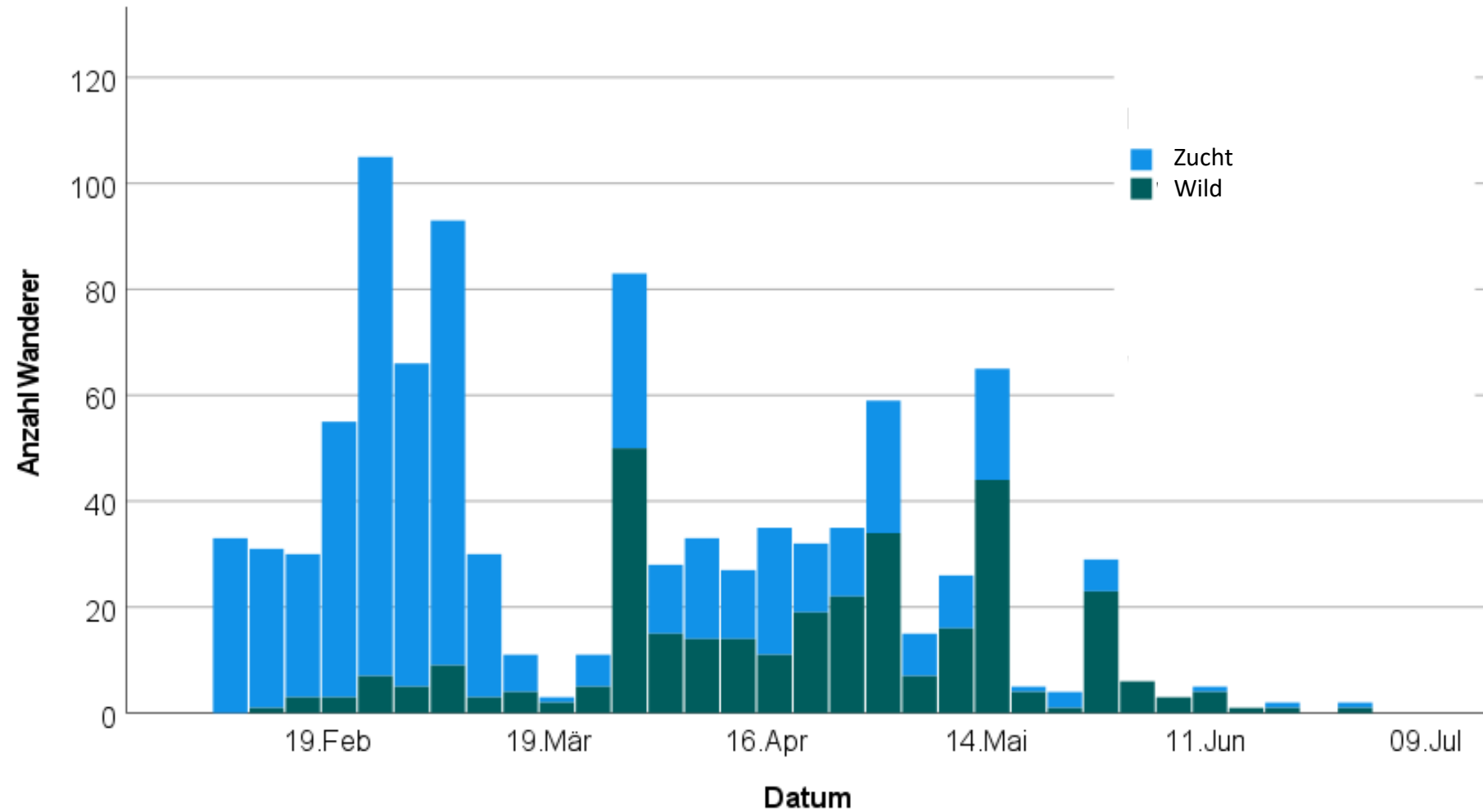
Etwa 50 % der Jungforellen wandern ab. Zwischen Zucht- und Wildfangforellen besteht kein Unterschied.



Ergebnisse: Zeitpunkt der Migration

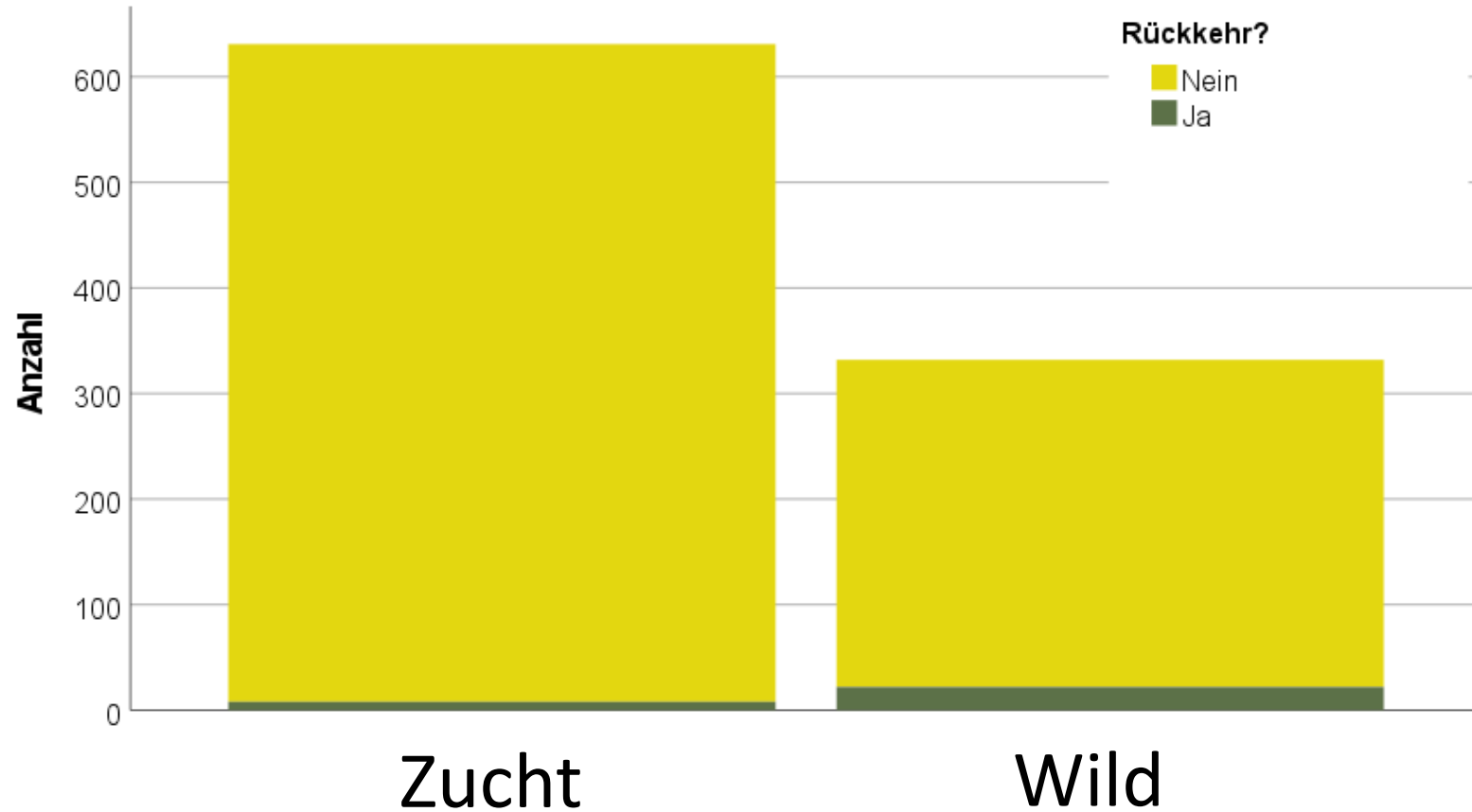
Wilde Jungforellen wandern in der Regel zwischen Mitte März und Mitte Mai (durchschnittlich 21. April).

Im Gegensatz dazu wandert der Grossteil der eingesetzten Forellen vor Mitte März.



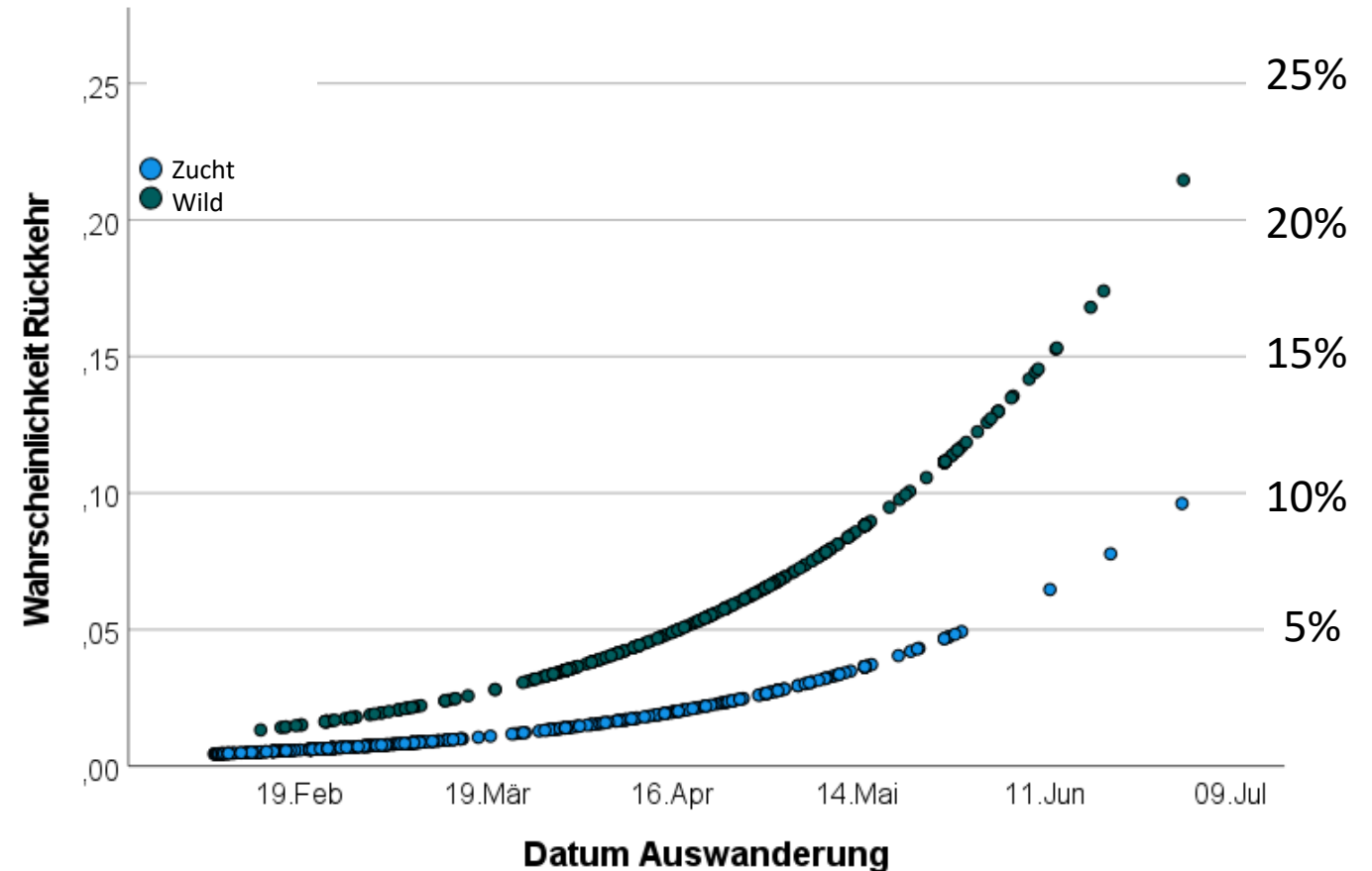
Ergebnisse: Rückkehr

- Von den insgesamt 631 (= 1,3 %) ausgewanderten Forellen aus Zuchtanlagen kehrten nur 8 zurück.
- Von den ausgewanderten Jungforellen aus Wildfang kehrten hingegen 6,2 % zurück.
- Die Wahrscheinlichkeit der Rückkehr von Wildfangforellen ist damit fast fünfmal höher als die von Zuchtforellen.

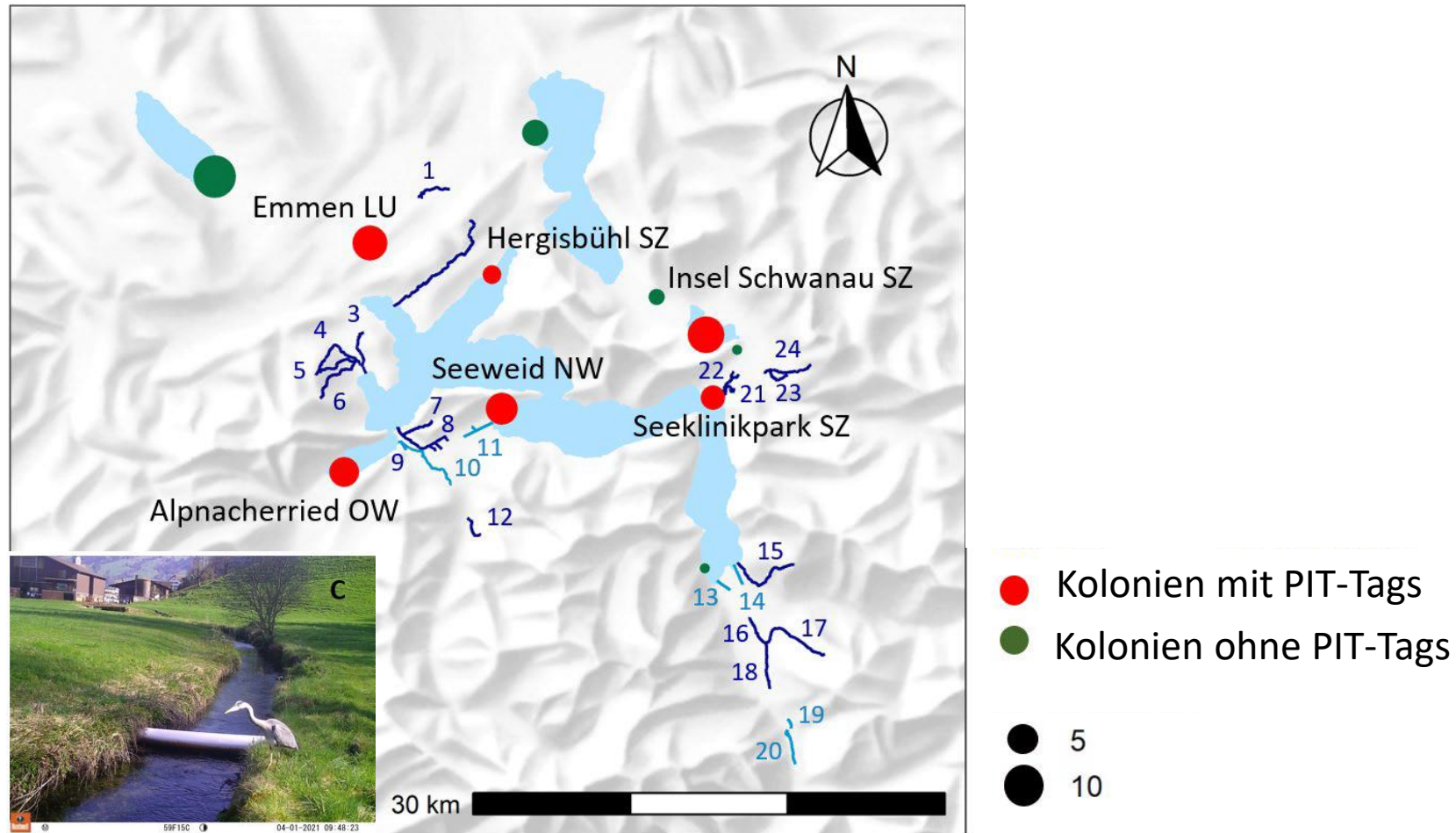


Ergebnisse: Rückkehr

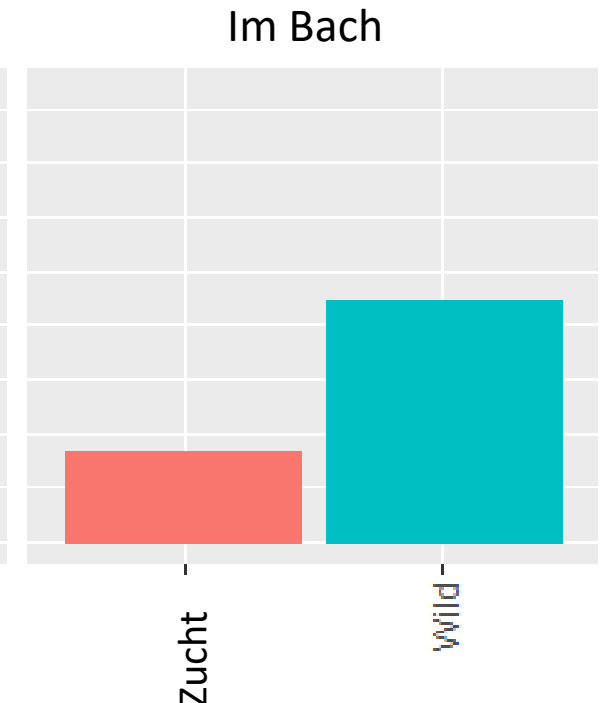
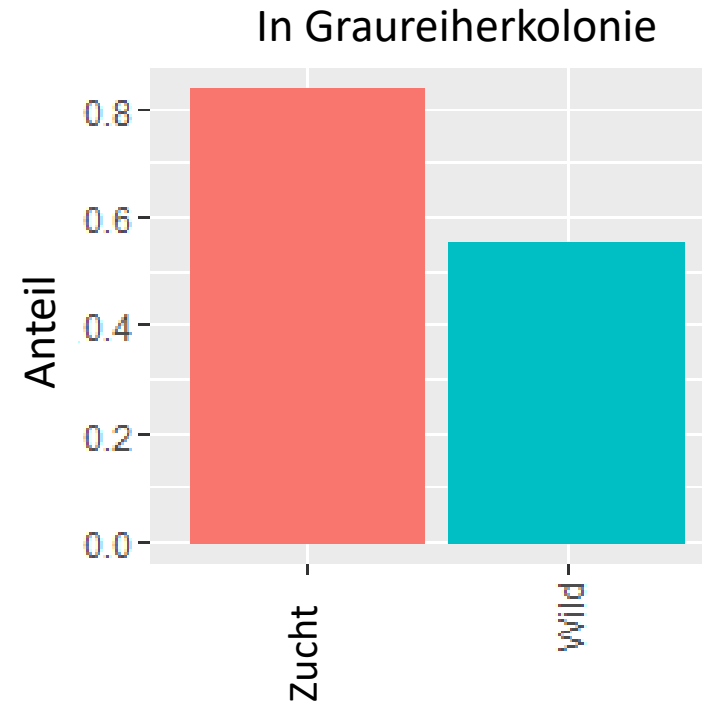
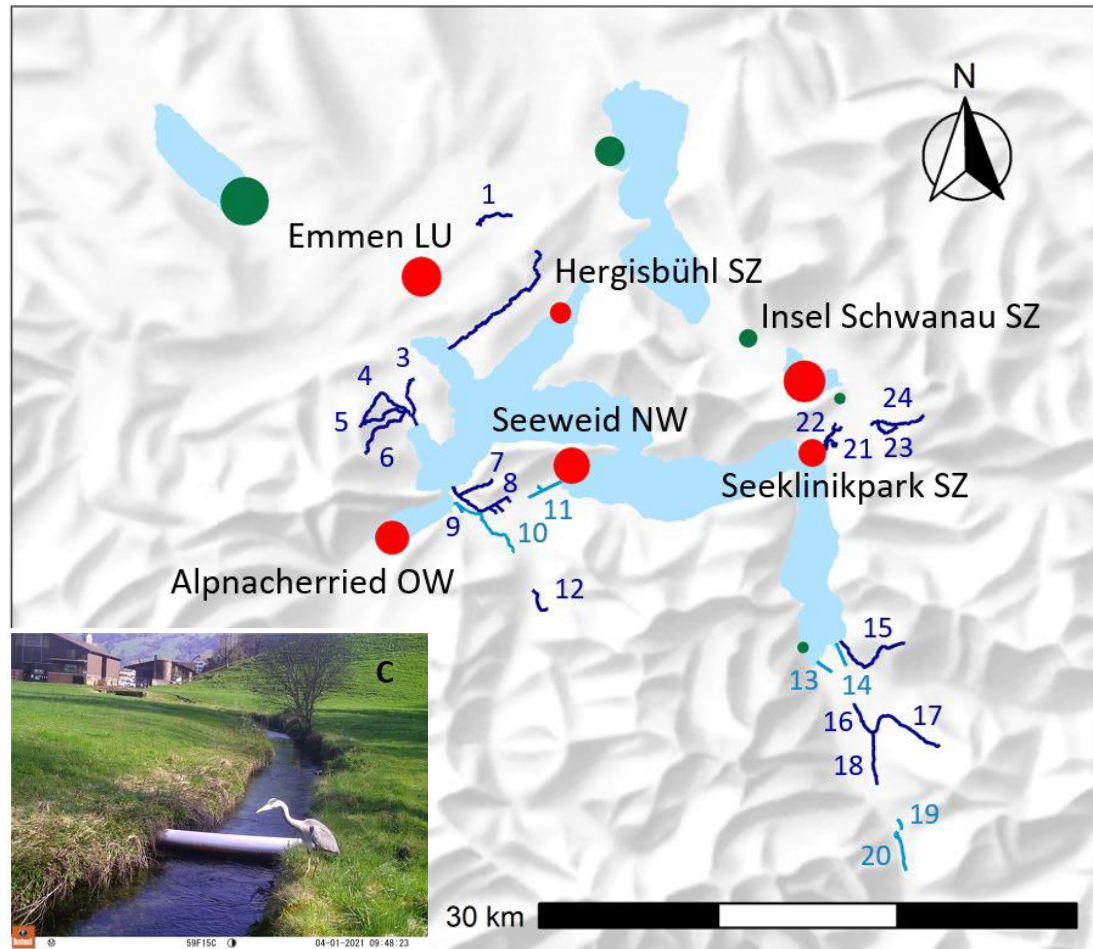
- Junge Forellen, die früher im Jahr wandern, haben eine geringere Rückkehrwahrscheinlichkeit.
- Auch unter Berücksichtigung des Zeitpunkts der Abwanderung ist die Rückkehrwahrscheinlichkeit bei eingesetzten Forellen geringer.



Schicksale nicht-wandernder Forellen



Schicksale nicht-wandernder Forellen

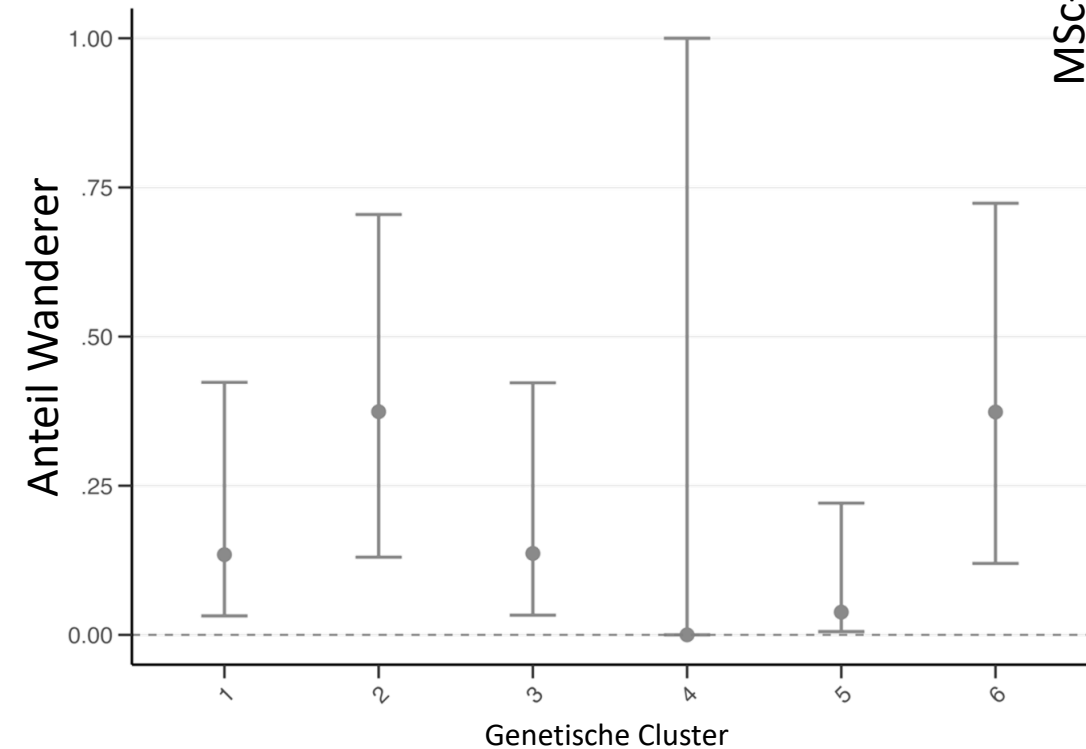
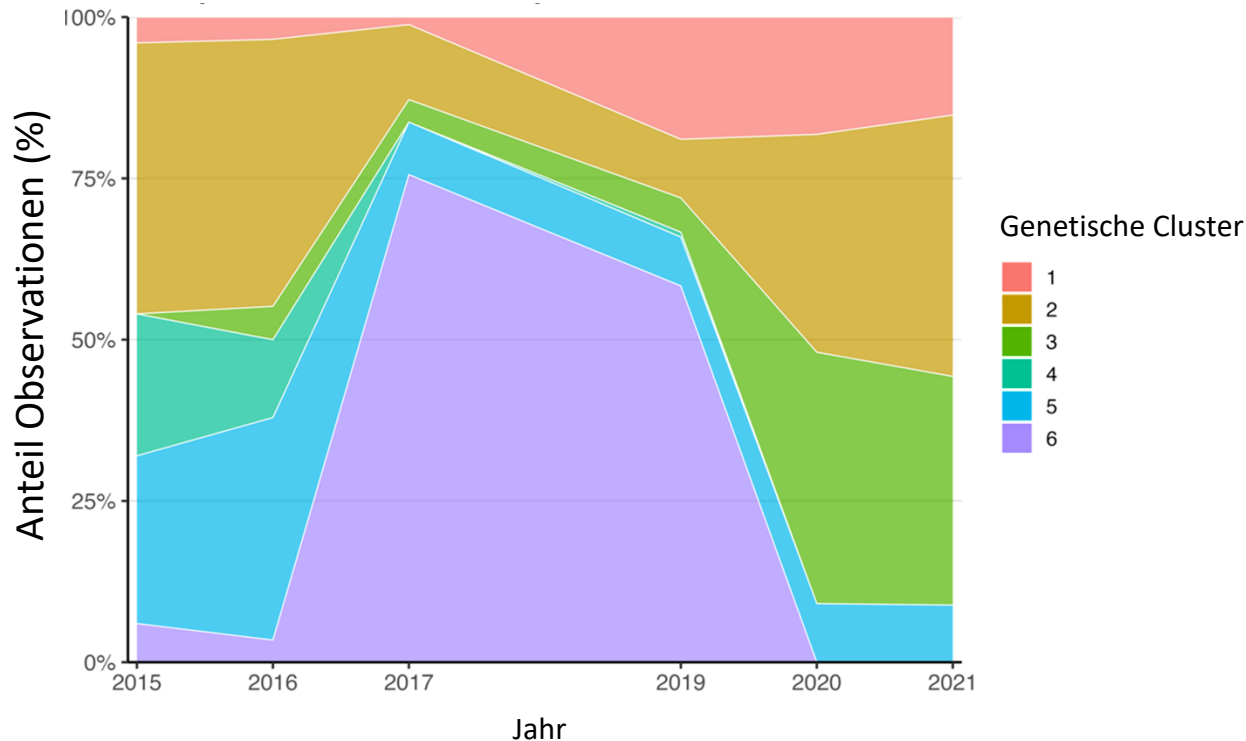


● Kolonie
● Kolonie
● 5
● 10
 Anzahl



Zeitliche Veränderung Populationsgenetik

- Ein Vierwaldstättersee-Zufluss
- Mehrere unterschiedliche genetische Gruppen
- Unterschiedliche Anteile von Wanderern



Wie sieht die Zukunft aus? Bewirtschaftung

Das wissen wir natürlich nicht und es kommt auch auf politische Priorisierungen an. Aber hier sind einige Möglichkeiten:

- Änderung der Besatzpraxis: 1. Muttertierhaltungen; 2. Besatz zwischen Gewässern; 3. Laichfischfang-Zucht-Besatz innerhalb der gleichen Gewässer
- Fokus auf Klimaresistenz
- Fischereibewirtschaftung
- Bewirtschaftung in Richtung evolutionäres Potential und nicht nur Bewahrung von noch existierender Diversität

Danksagung



Eawag

Dominique Stalder

Maja Bosnjakovic

Palmer Bassett

Sara Süess

Leonie Wüest

Nicola Sperlich

Philip Dermond

Brigitte Germann

Nicolas Achermann

Grégoire Saboret

Tina Dubach

Yannick Hunziker

Viele Praktikanten

HEPIA

Franck Cattaneo

Jane O'Rourke

Antoine Polblanc

Eliane Demierre

**Berufs- und Freizeitfischer
in der ganzen Schweiz**

BAFU

Diego Dagani

Oliver Selz

Susanne Haertel-Borer

Andreas Knutti

Alle beteiligten Kantone

Finanzierung:

eawag
aquatic research ooo



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM



SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION