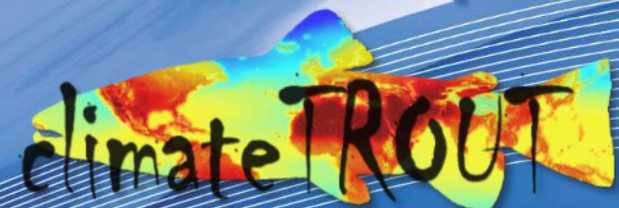


Der Klimawandel aus Sicht der Gewässer: Alles für die Fisch?

DI Dr. Florian Borgwardt (Pletterbauer)

Let's make it visible - Digital Water Management Dyje

12. September 2019
Poštorná/Reintal - CZE



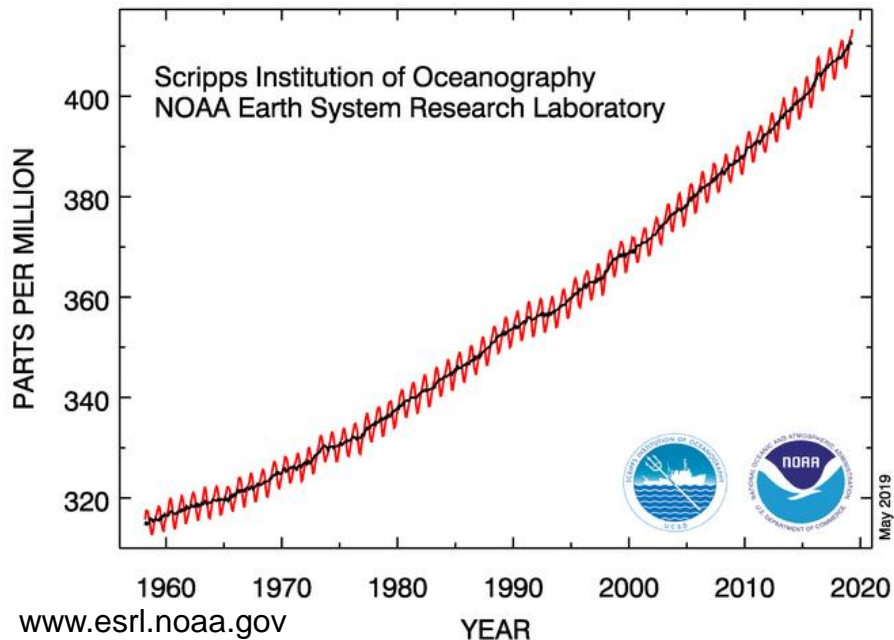
- ▷ Intro – Klimawandel, Wassertemperatur & ihre ökologische Rolle

- ▷ Was ändert sich durch den Klimawandel tatsächlich in den Fließgewässern?

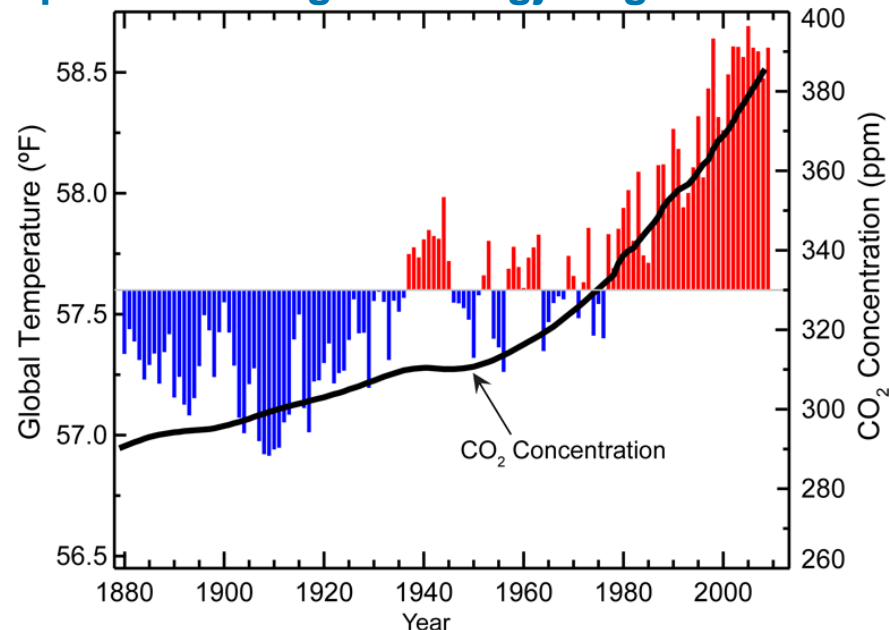
- ▷ Welche Veränderungen zeichnen sich für die Fische ab?

- ▷ Diskussion

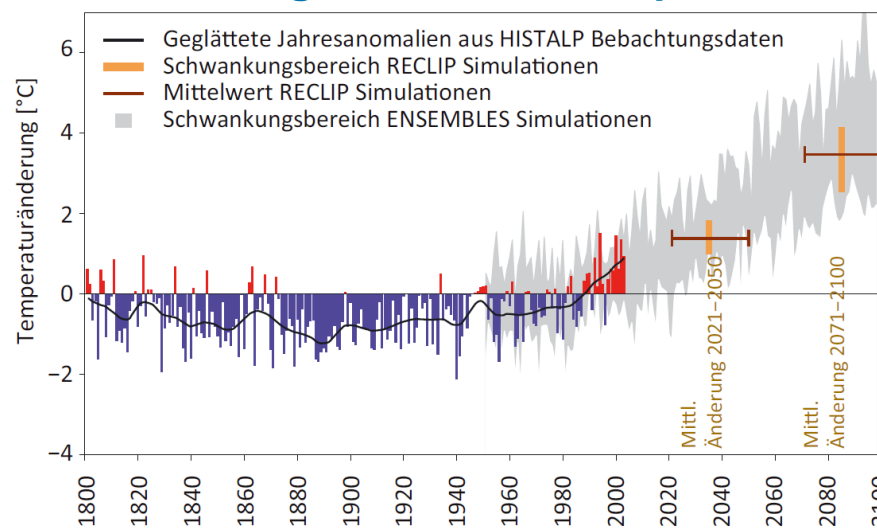
CO₂ in der Atmosphäre Mauna Loa



Temp-Abweichung vom langjährigen Mittelwert



Änderung mittl. Jahrestemperatur AT



Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt | In



Die große Hitze

St. Pölten, am 18. August 2015



38°, 3 Wochen Tropenhitze, Algenteppiche und Gewässerverunreinigungen haben viele Gewässer in Niederösterreich und seine Bewohner im Juli/August 2015 schwer in Mitleidenschaft gezogen. Wir ziehen ein Resümee nach den Ereignissen und man kann sagen: Die Fischerei sieht sich allgemein mit schwierigen Situationen konfrontiert. Auch wenn man kaum etwas gegen Dürre oder Flut tun kann. Zumindest bei Dürre kann etwas von menschlicher Seite getan werden. Zum Beispiel mehr Wasser durch freiwillige Erhöhung der Restwassermenge durch Kraftwerksbetreiber.

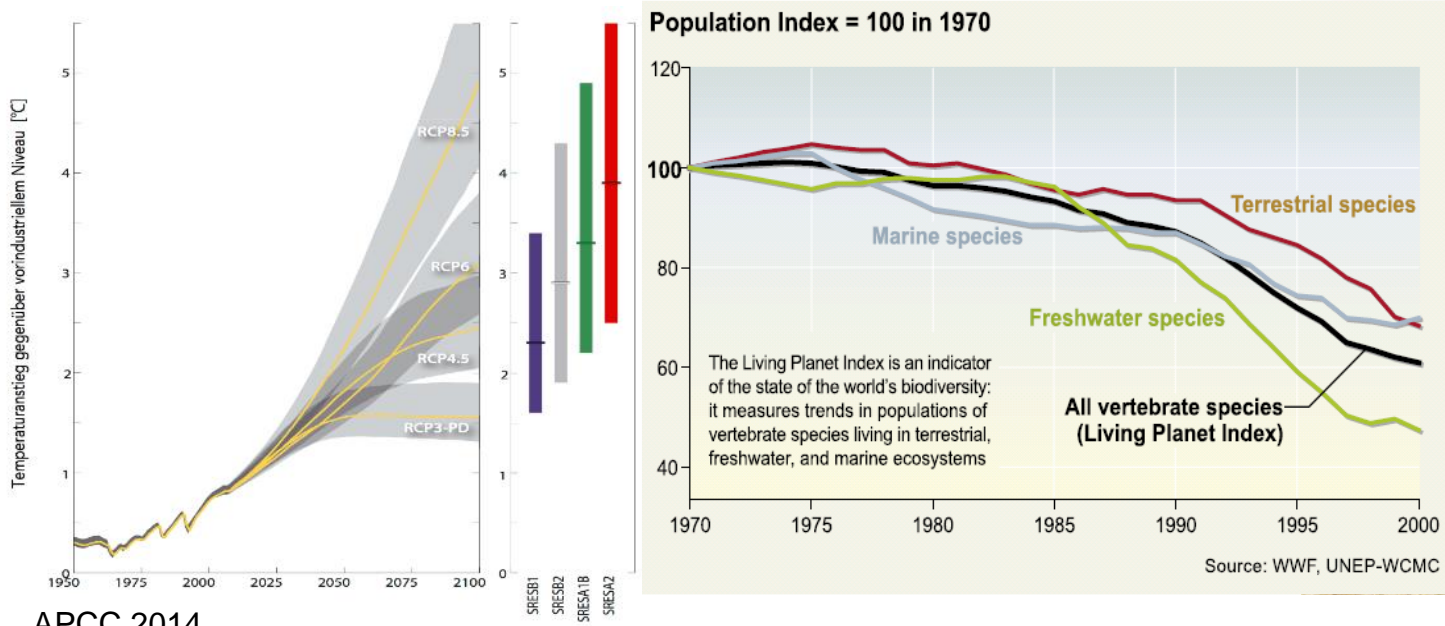
Es ist der **4. August 2015, 08.00 Uhr** und unser Landesfischereimeister Karl Gravogl hatte bereits beim Eintreffen im Verbandslokal in St. Pölten einige Anrufe mit besorgten Fischereiausübungsberechtigten absolviert, die im Angesicht der prophezeiten Hitzewelle ernsthafte Probleme durch Fischsterben an der Traisen und Pielach befürchteten und sich an den NÖ Landesfischereiverband wandten.

Der NÖ LFV hat daraufhin versucht im Einvernehmen mit den Kraftwerksbetreibern an der Traisen (Unterlauf), Gölsen bei St. Veit und Pielach eine kurzfristige Lösung zu finden, welche zum Glück auch gelang. Es wurden seitens der Betreiber Erhöhungen der Restwassermenge zugesichert und dies konnte schlimmeres verhindern.

Leider gab es im Juli und August trotz allen Bemühungen einige Fischsterben durch die Hitzewelle (Siehe Fotostrecke). **Manchmal sagen jedoch Bilder mehr als Worte.**

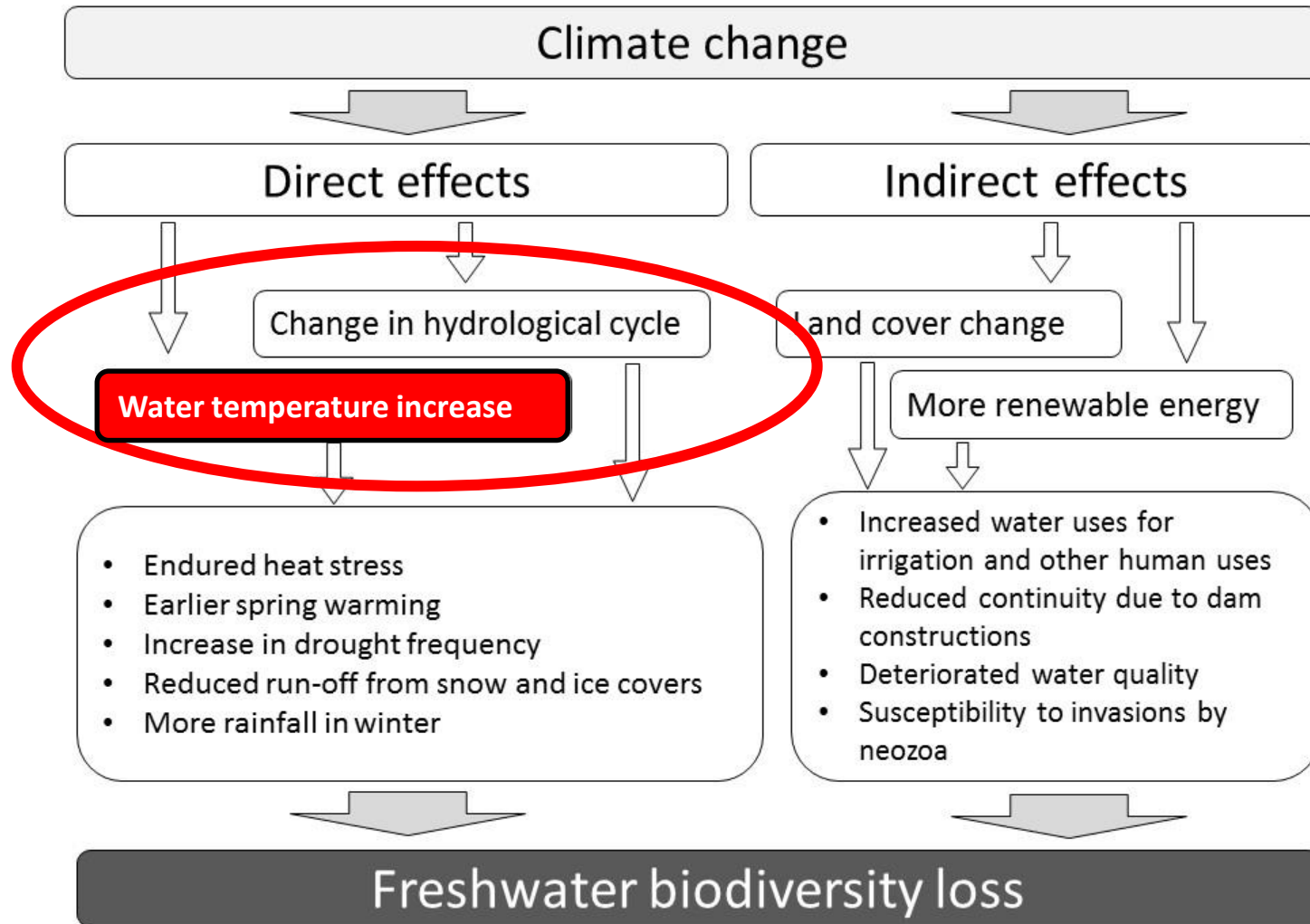


- ▷ Süßwasser: 0,8% der Erdoberfläche **ABER** > 10% der Tierarten
- ▷ Biodiversitätsrückgang am stärksten (Marin vs. Terrestr. vs. Süßw.)



APCC 2014

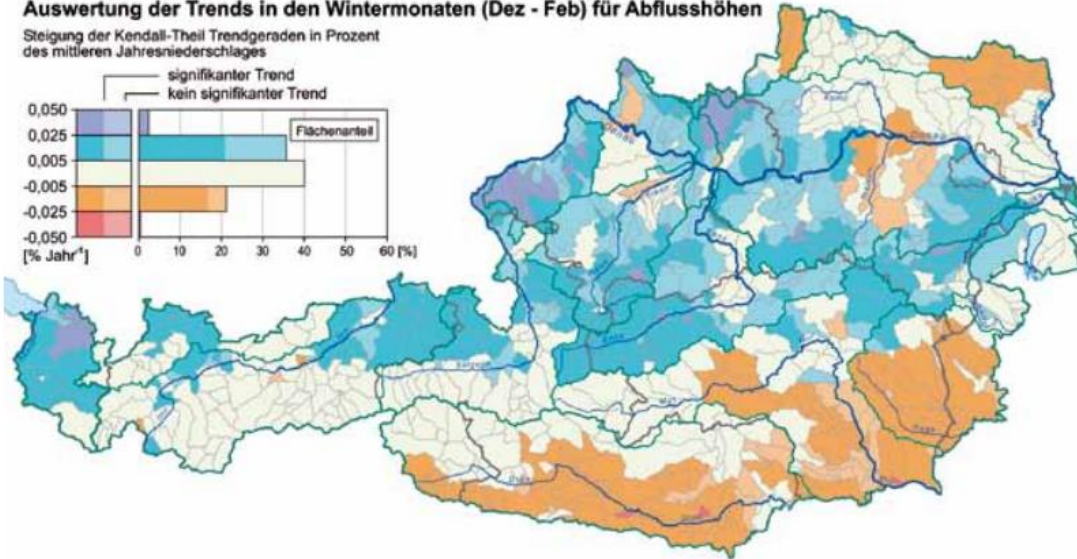
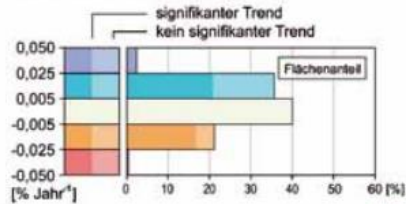
Genaueres Verständnis von räumlichen & zeitlichen Mustern notwendig, um Schutz- und Anpassungsmaßnahmen umzusetzen



Borgwardt et al. 2018

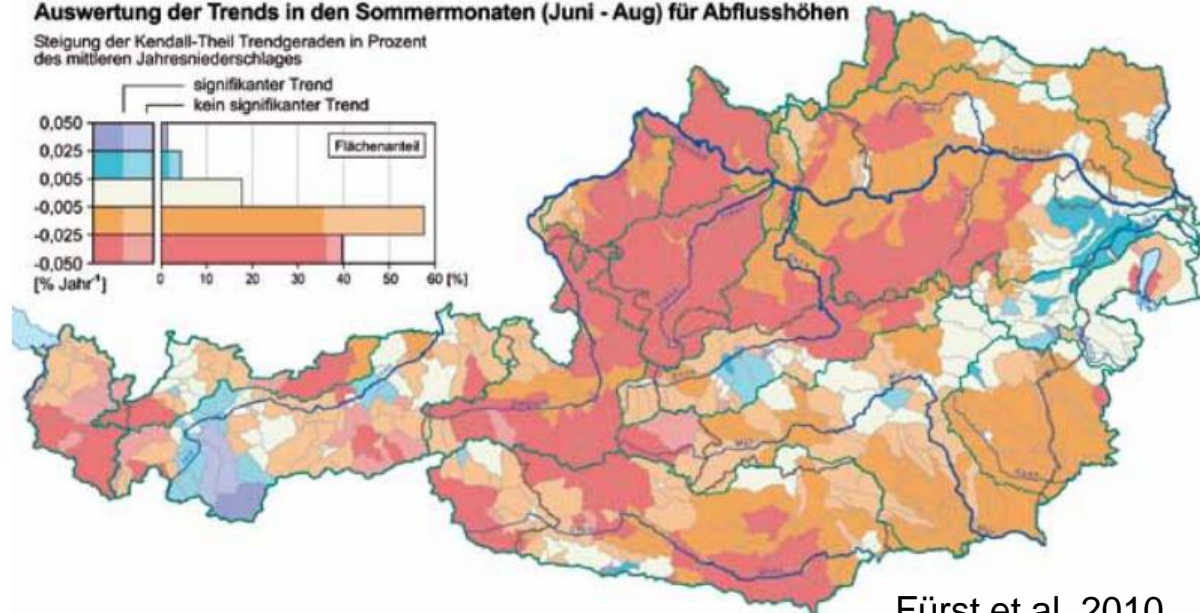
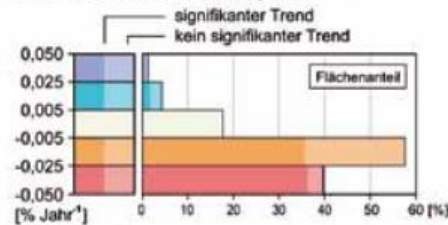
Auswertung der Trends in den Wintermonaten (Dez - Feb) für Abflusshöhen

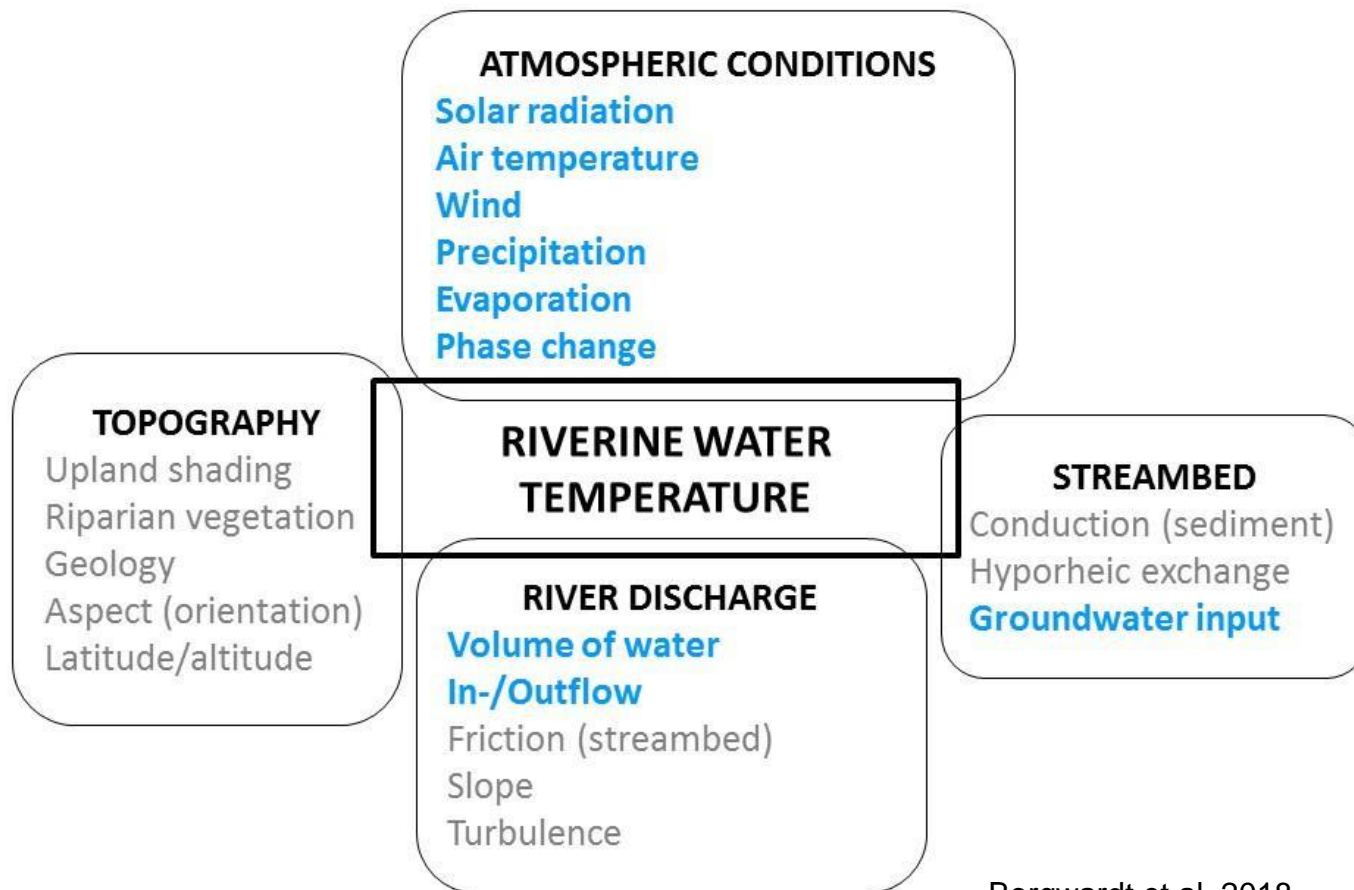
Steigung der Kendall-Theil Trendgeraden in Prozent des mittleren Jahresniederschlages



Auswertung der Trends in den Sommermonaten (Juni - Aug) für Abflusshöhen

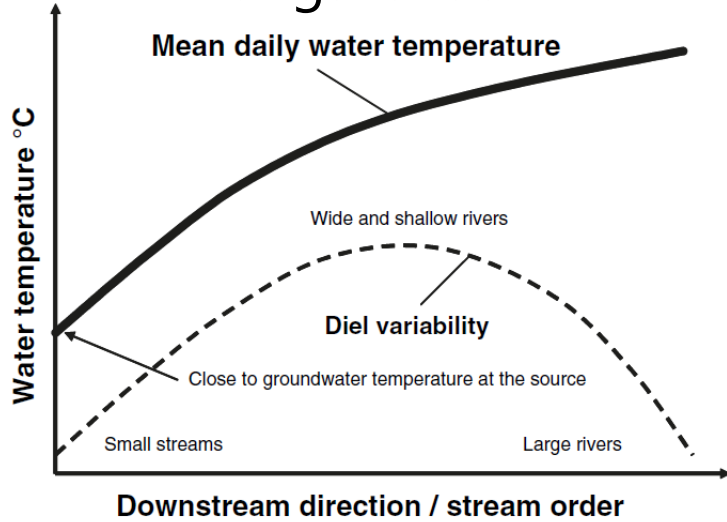
Steigung der Kendall-Theil Trendgeraden in Prozent des mittleren Jahresniederschlages





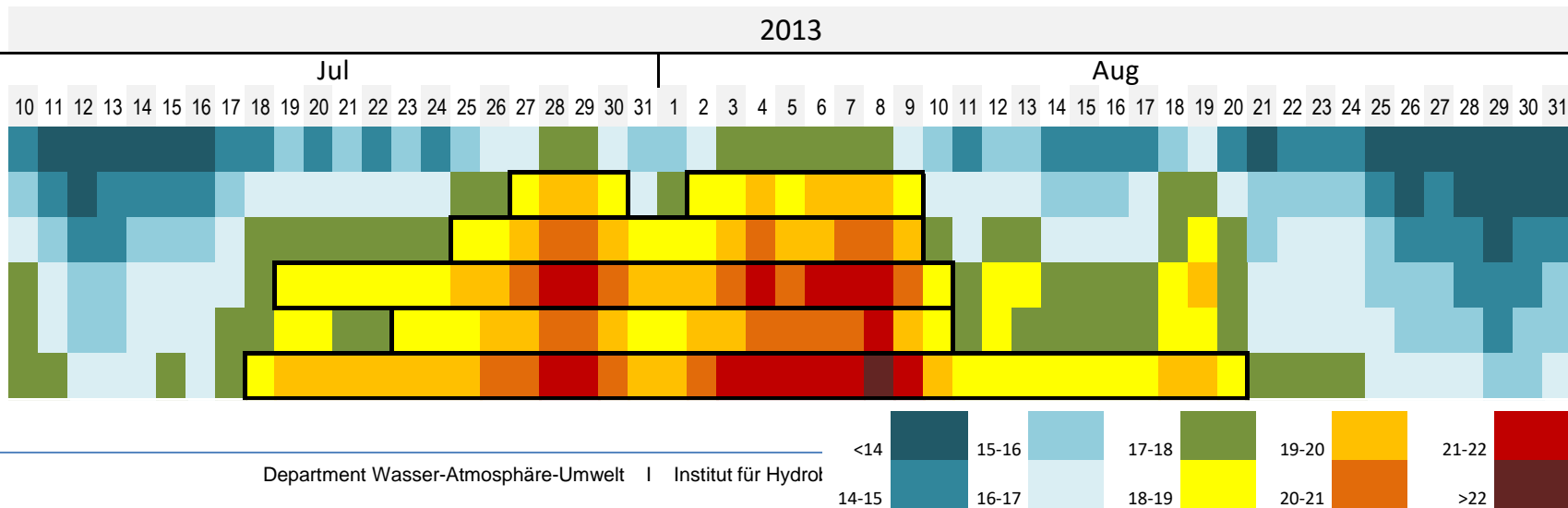
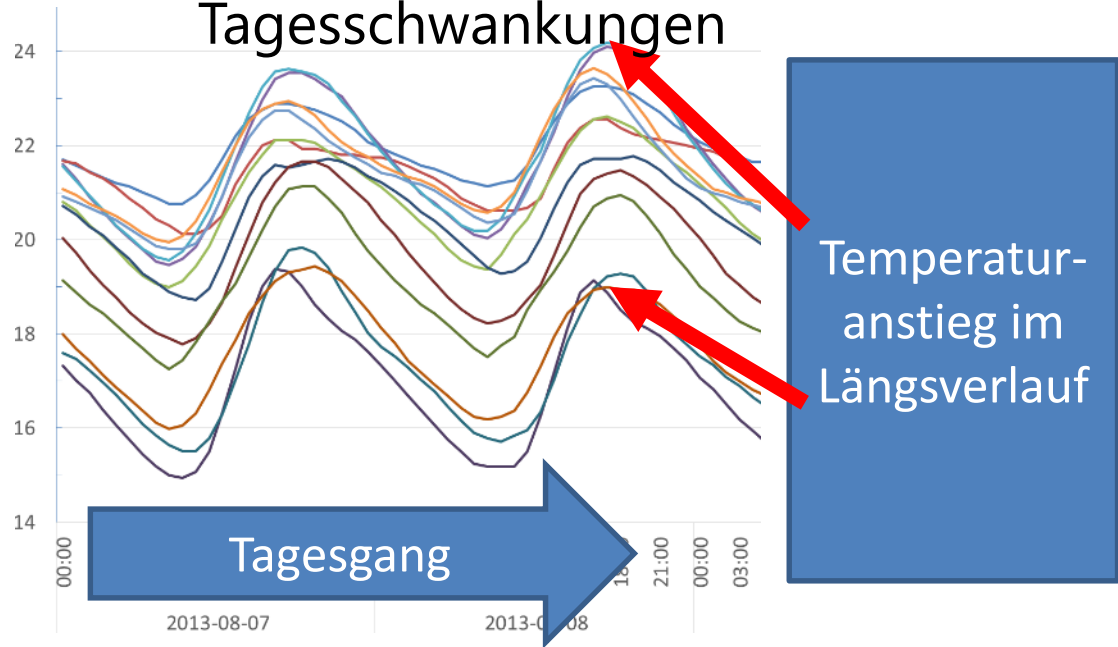
Borgwardt et al. 2018

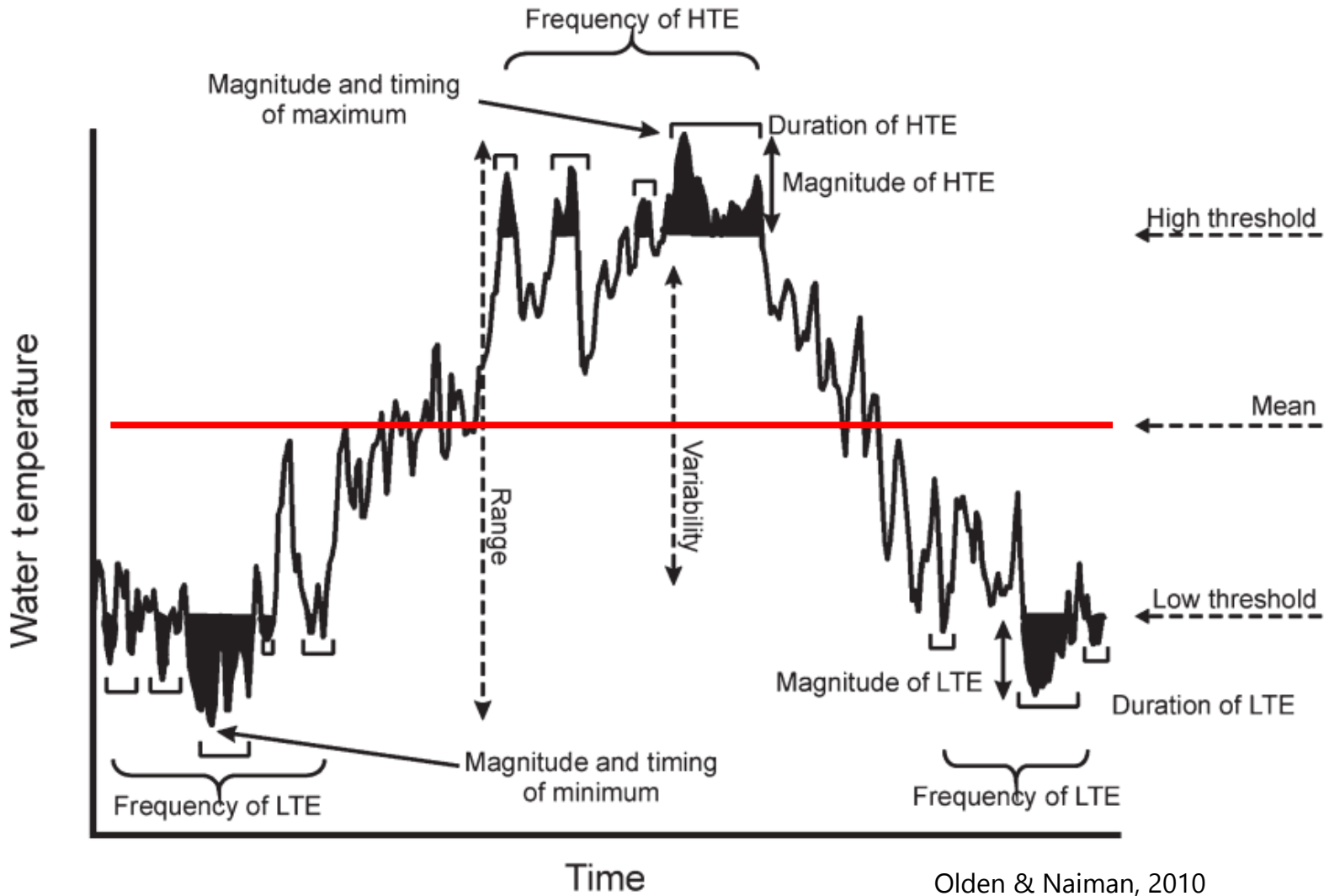
▷ Erwärmung im Längsverlauf



Caissie 2006

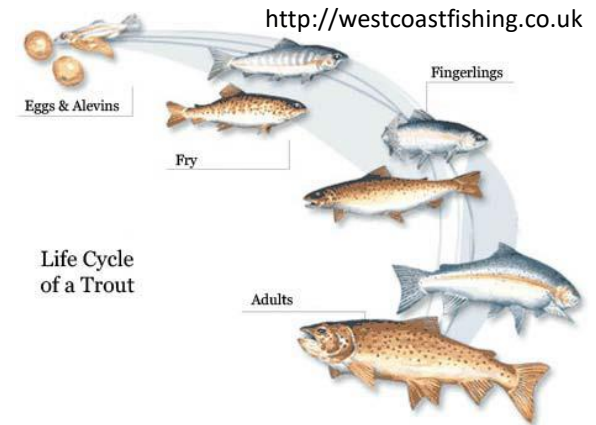
▷ Unterschiedliche Tagesschwankungen





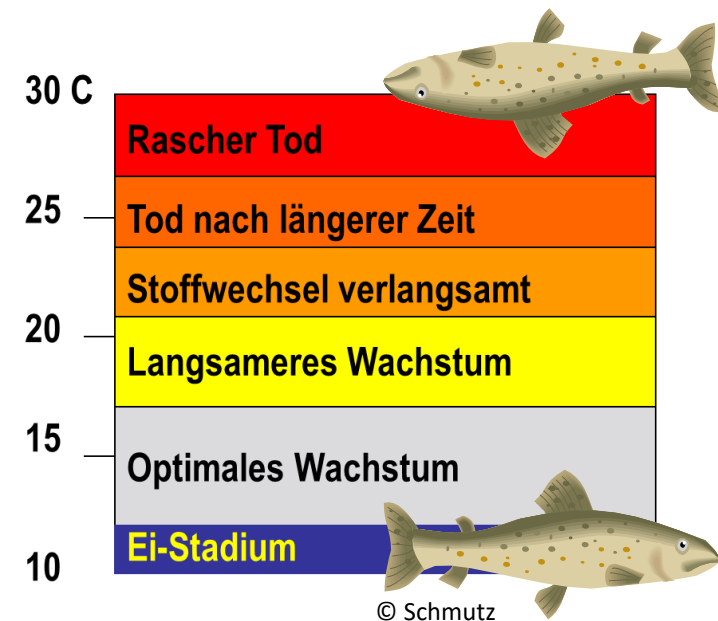
Olden & Naiman, 2010

- ▷ Fische sind **wechselwarme** Organismen → Temperatur maßgeblicher Lebensraumparameter
- ▷ beeinflusst alle biochemischen und physiologischen Aktivitäten bei Fischen



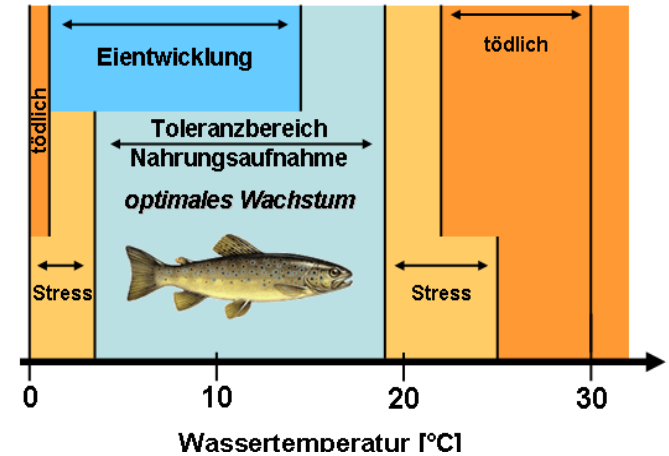
5-facher Effekt der Temperatur (Fry 1971):

- 1) Letaler Faktor
- 2) Kontrollierender Faktor (z.B. Stoffwechsel)
- 3) Limitierender Faktor (z.B. Stoffabfuhr)
- 4) Maskierender Faktor (Einfluss auf andere Funktionen)
- 5) Leitender Faktor (Weg von Bereichen hoher Temperatur)

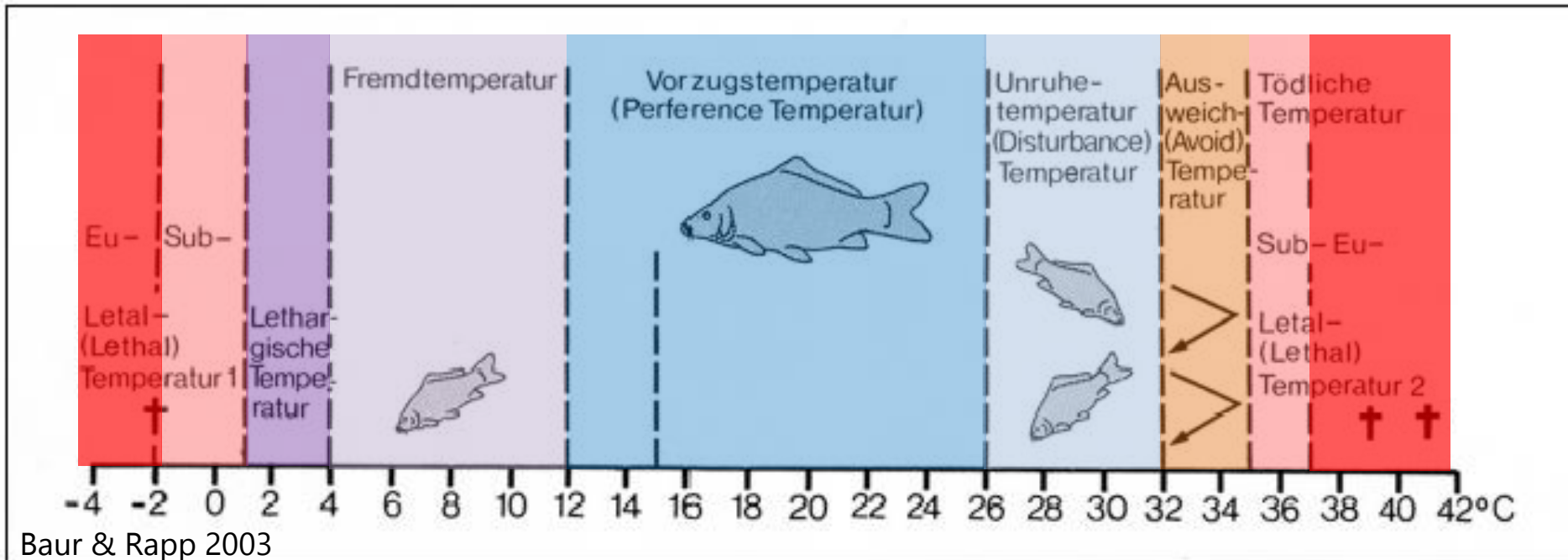


▷ Entscheidend „**nutzbarer**“ Temperaturbereich definiert durch:

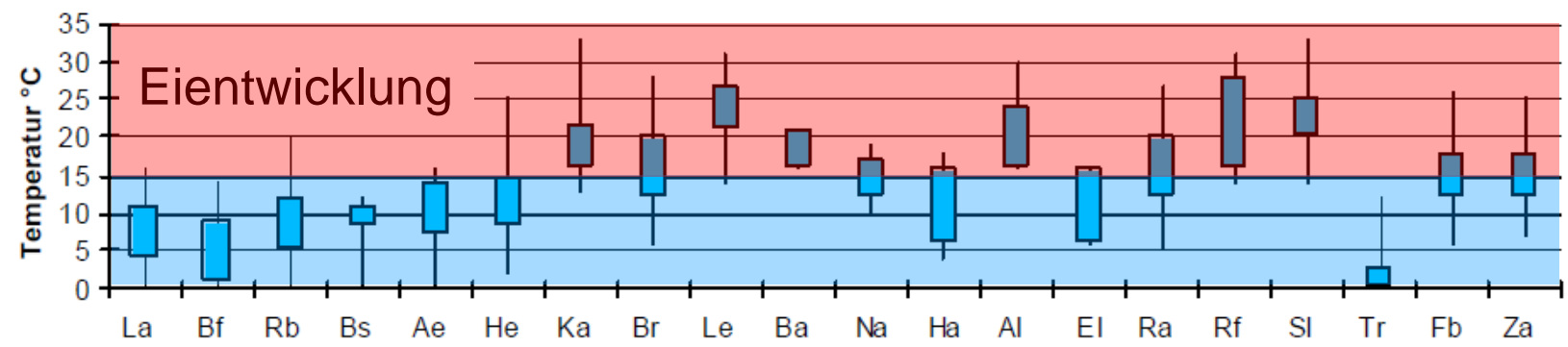
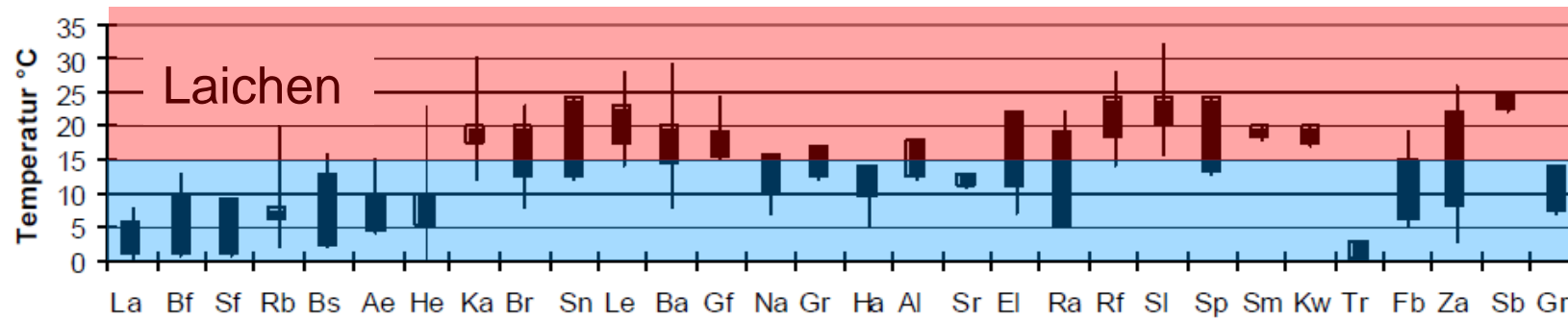
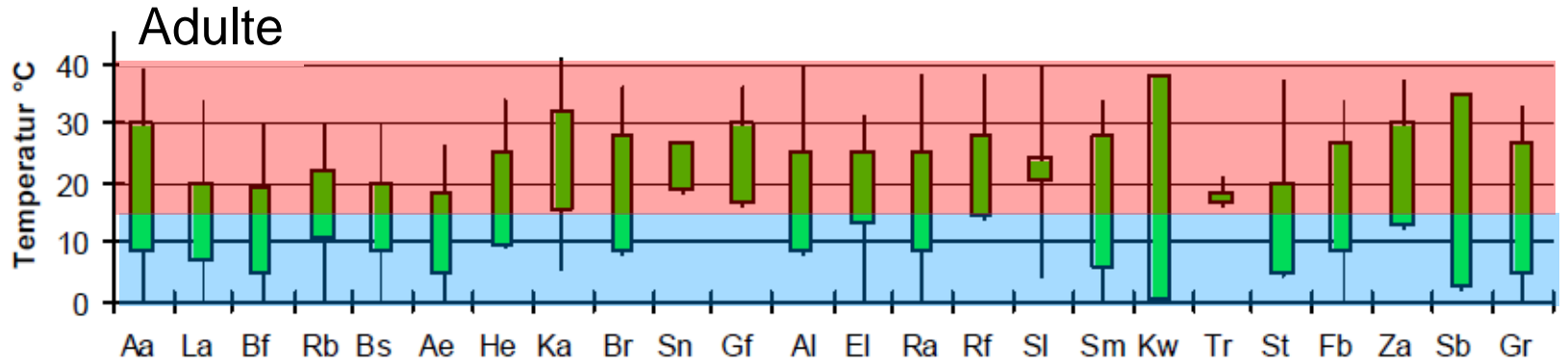
- Langfristiges Überleben
- Nahrungsaufnahme
- Fortpflanzung
- Resistenz Krankheit/Parasiten
- Konkurrenz
- Flucht



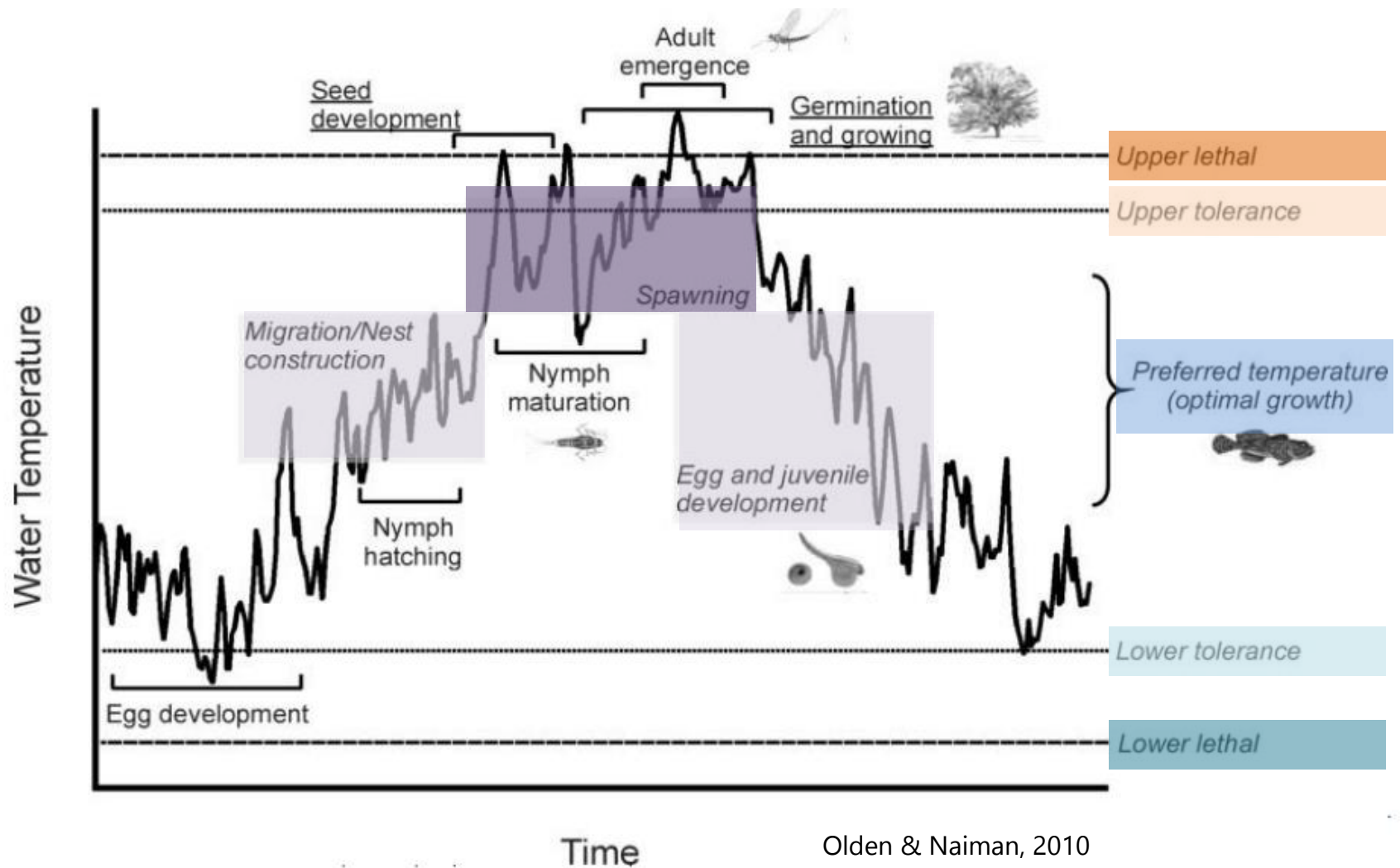
Melcher et al. 2009 after Elliott 1981



Baur & Rapp 2003



INTRO: WASSERTEMPERATUR & BIOTA



Olden & Naiman, 2010

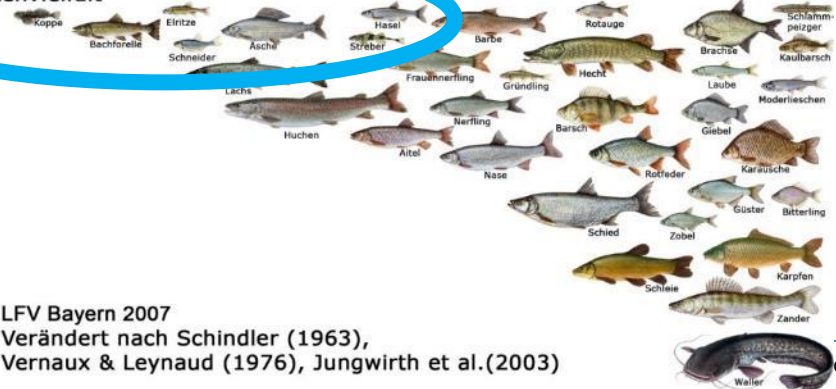


Gefälle	> 3 ‰	> 1 ‰	> 0,7 ‰	> 0,3 ‰
Temperatur Mittelwert im wärmsten Monat	< 18°C	< 20°C	< 22°C	< 24°C

TEMPERATUR

Mittlere Breite	< 10 m - 15 m	< 40 m - 70 m	< 70 m - 200 m	< 200 m - 600 m
Entfernung zur Quelle	< 40 km	< 100 km	< 300 km	< 600 km
Sediment vorherrschende Korngröße	Geröll und Kies	Kies	Kies und Sand	Sand und Schluff

Artenvielfalt



Temperaturtoleranz

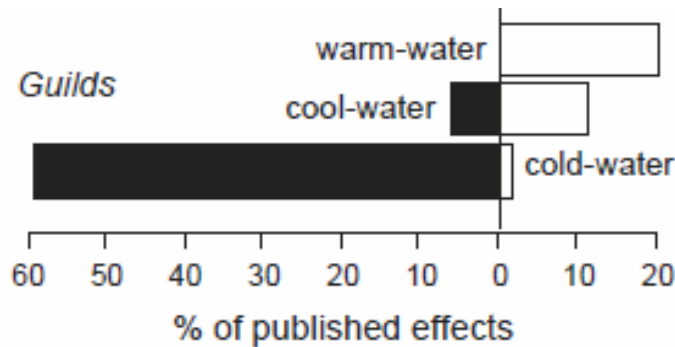
oligo-stenotherm: auf engen, kalten Temperaturbereich beschränkt
 meso-eurytherm: an mittleren Temperaturbereich angepasst

Sauerstoffbedarf

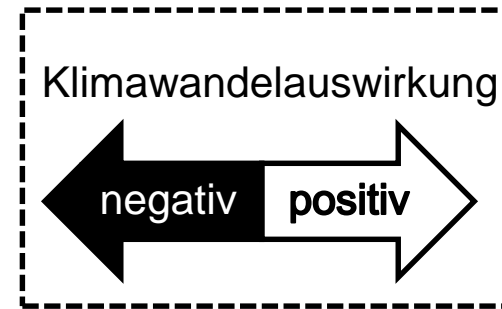
stenoxybiont: hoher O₂-Gehalt (Salmoniden, Rhithralvertreter)
 euroxybiont: Sauerstoffschwankungen/ O₂-Defizite w. toleriert

Kalt- vs. Kühl- vs. Warmwasser

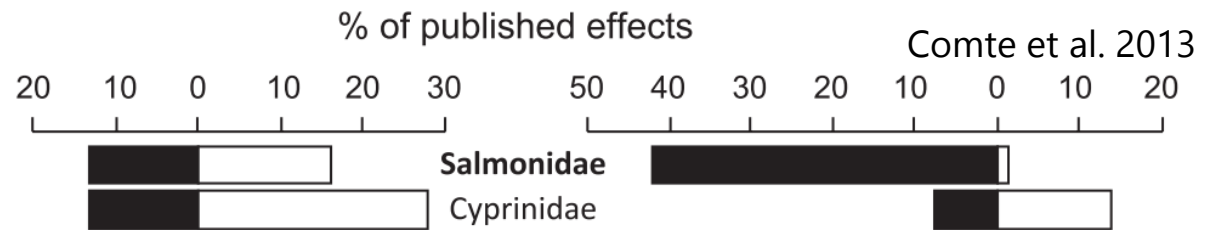
Arten (Magnuson et al.1978)



Comte et al. 2013



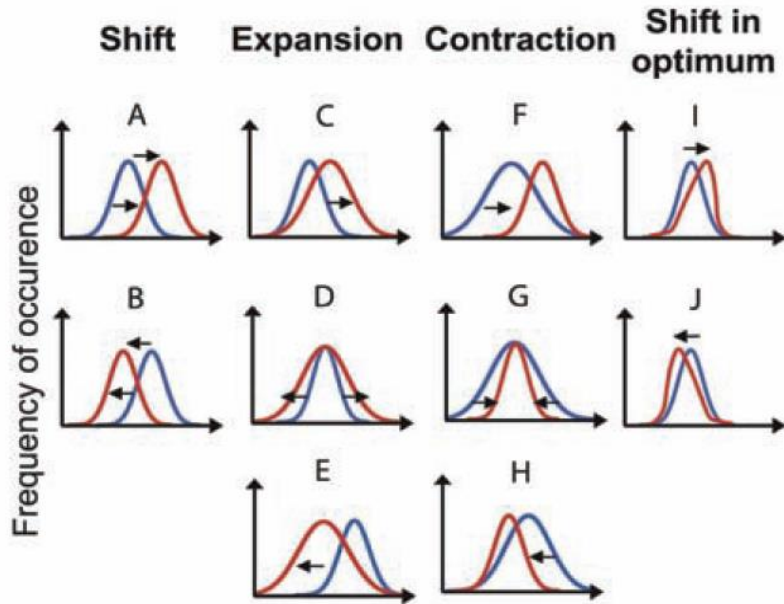
Salmoniden vs. Cypriniden



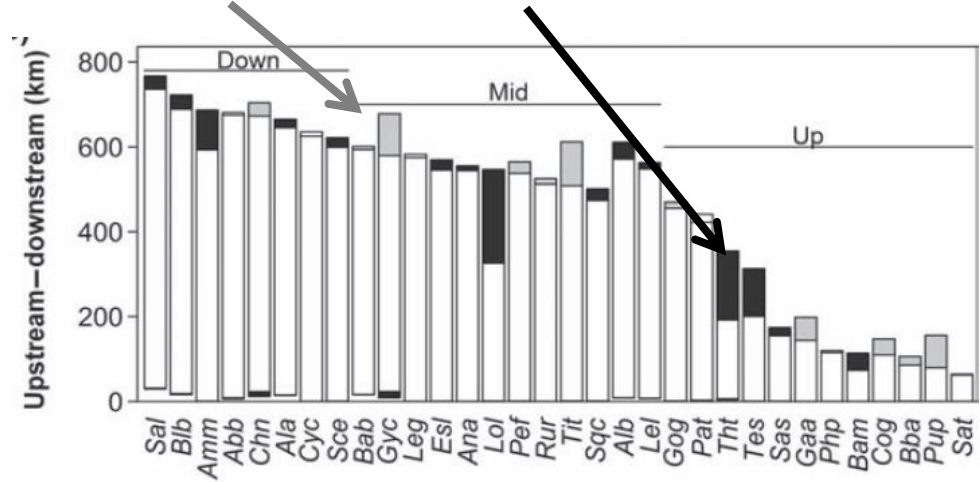
beobachtet

vorhergesagt

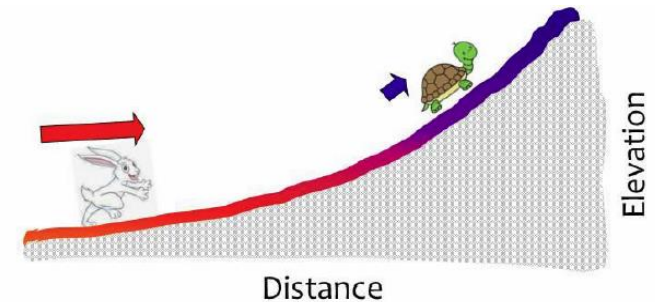
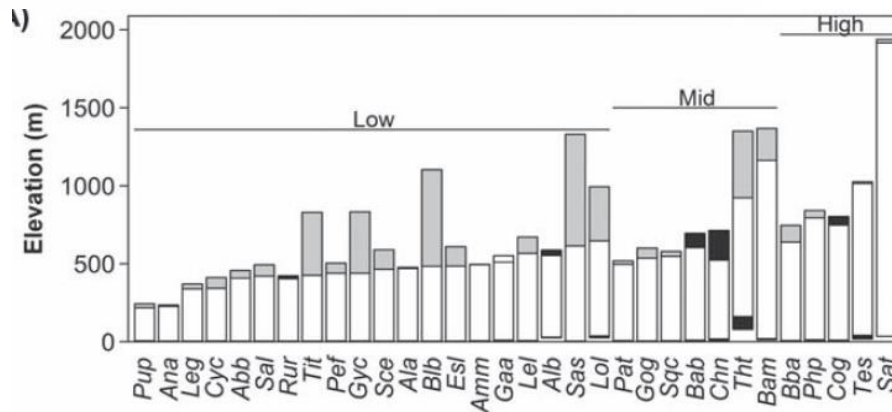
Verschiebung flussauf → Verschiebung der Seehöhe



expansion vs. contraction



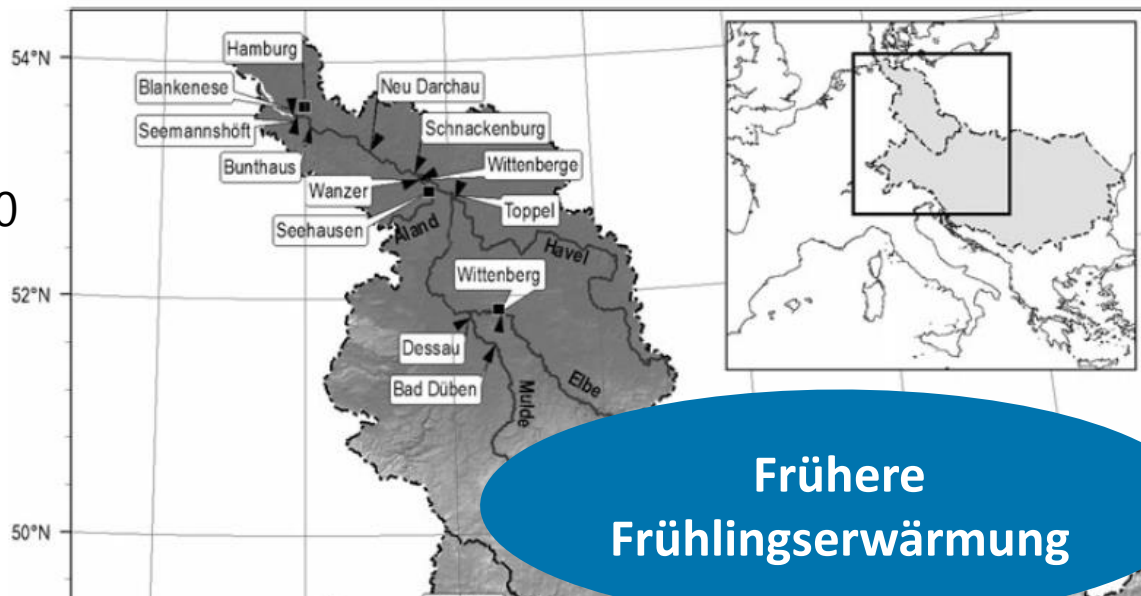
Comte&Grenouillet 2013



Welche Veränderungen durch den Klimawandel sind in den Fließgewässern tatsächlich feststellbar?

Donau und Elbe (1981-2008)

- ▷ Anstieg von $0,05^{\circ}\text{C}$ pro Jahr im Zeitraum nach 1980
- ▷ Saisonale Verschiebungen
- ▷ Anstieg von Tagen $>25^{\circ}\text{C}$



W1: 1981-1994

W2: 1995-2008

Basin	Location	Year	Temp. range	No. peaks $>20^{\circ}\text{C}$			Start of period		
				W ₁	W ₂	<i>p</i>	W ₁ (DOY)	W ₂ (DOY)	<i>p</i>
Elbe	Blankenese	1980-09	0-26.5	644	923	0.009	133	126	0.062
Elbe	Seemannshöft	1965-09	0-26.5	640	889	0.002	134	126	0.033
Elbe	Schnackenburg	1980-09	0-27.1	687	817	0.124	132	127	0.168
Danube	Straubing	1981-09	0-27.0	283	628	0.003	142	130	0.041
Danube	Linz	1951-08	0-22.0	43	63	0.594	155	147	0.272

Mehr warme Tage

Frühere Frühlingswärmung

p is the probability of the *t* statistics comparing values for W₁ and W₂ while *DOY* denotes the day-of-year number

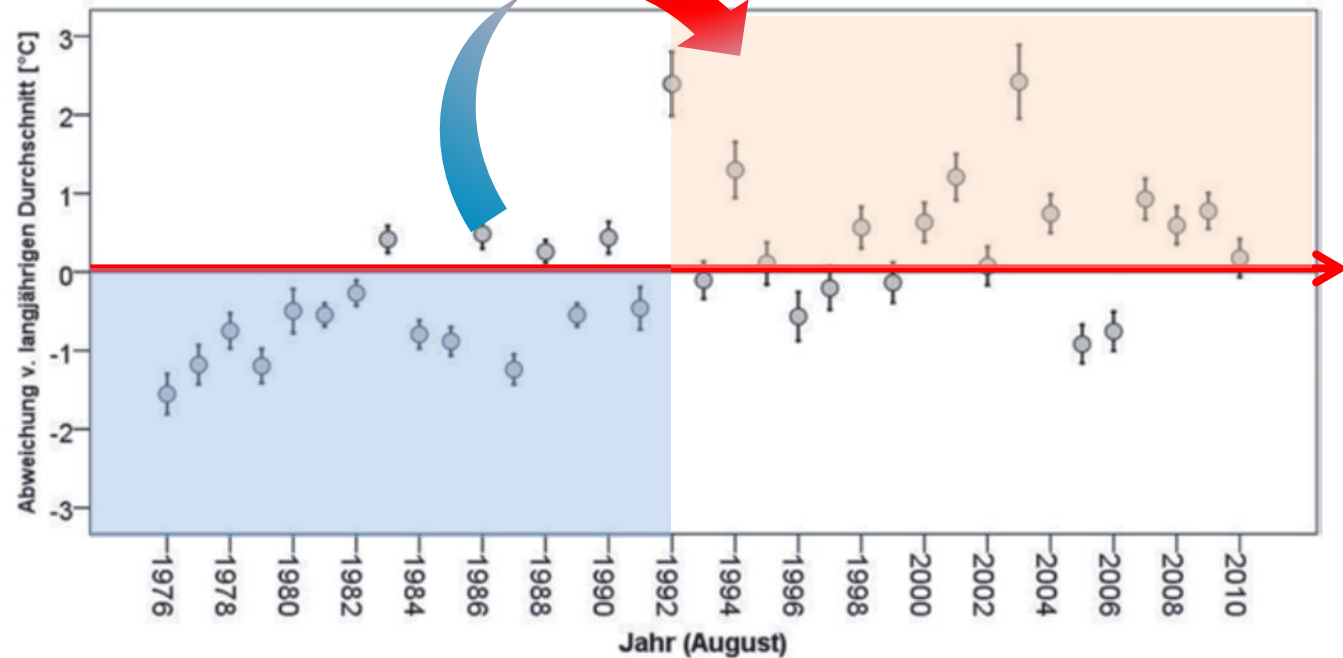
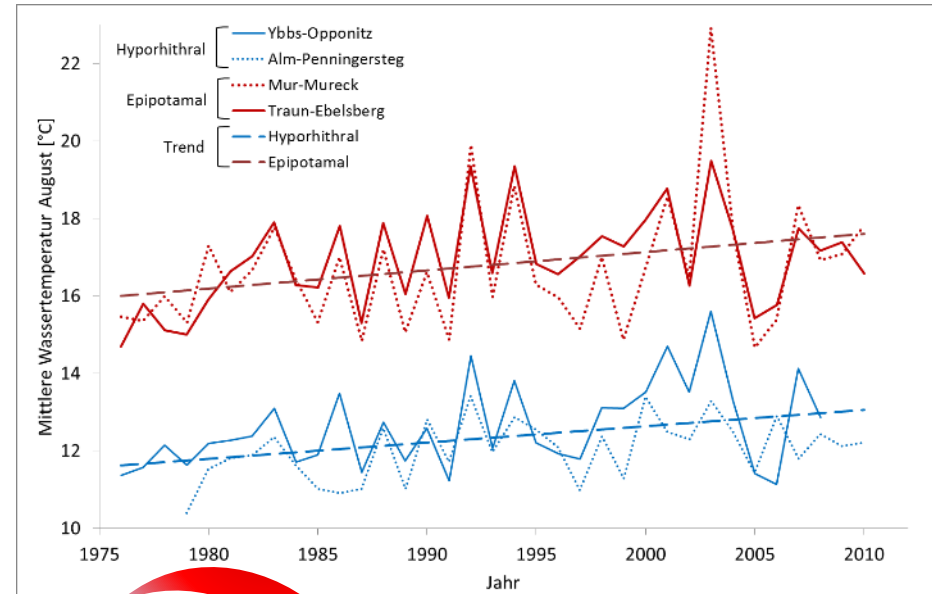
Untersuchung der
Wassertemperatur-Pegelstellen in
Österreich 1976-2010

Messbarer Temperaturanstieg in
Österreichs Gewässern:

~2,5° C in 30 Jahren

Höhere
Sommer-
temperaturen

Melcher et al. 2013

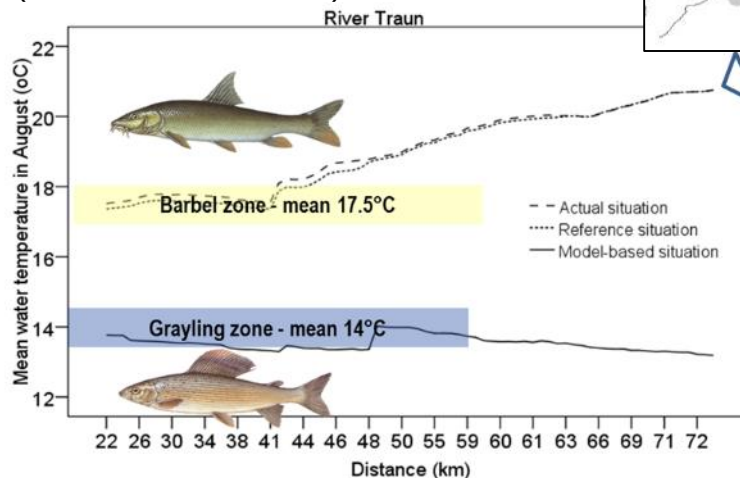


W-TEMP & FISCHREGIONEN

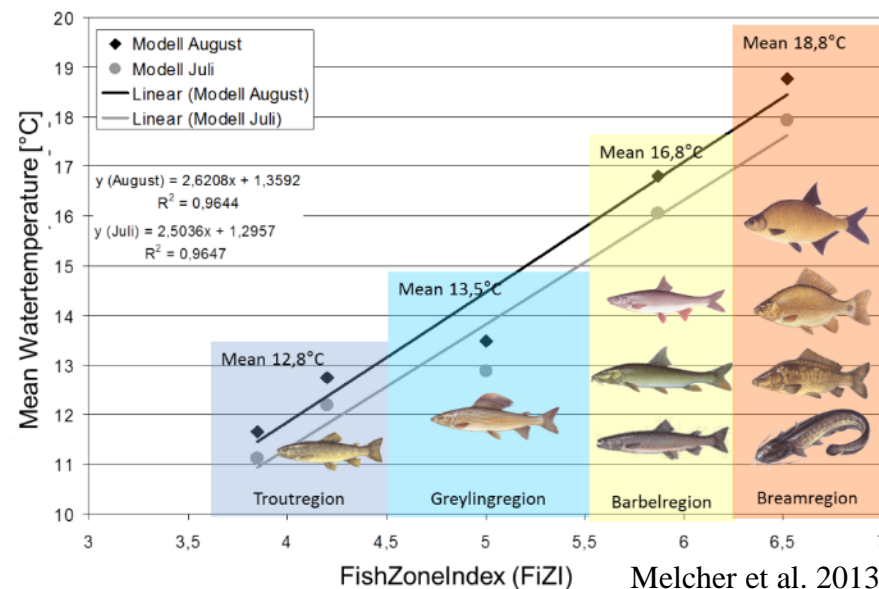
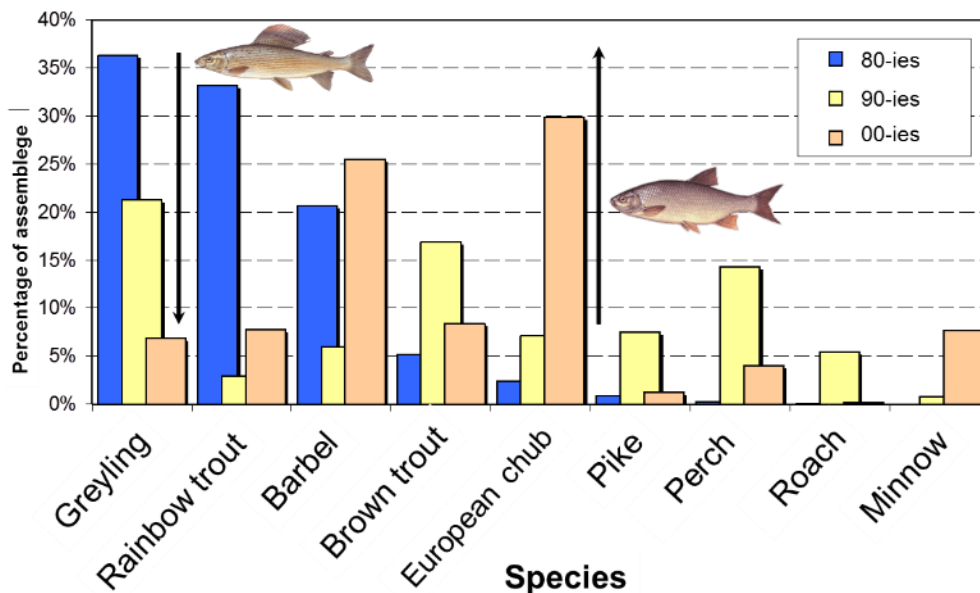
Wärmelastplan Traun-Ager (Melcher et al 2009)

Seeausrinne von der Erwärmung besonders stark betroffen

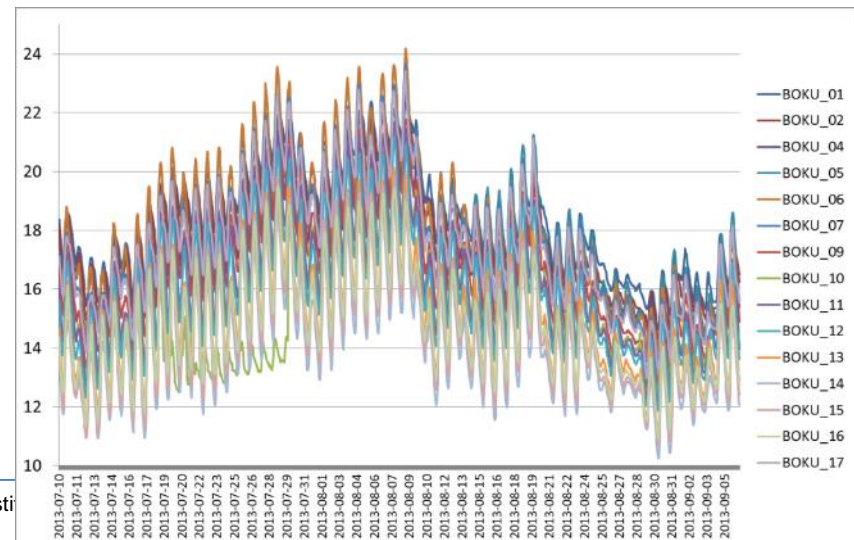
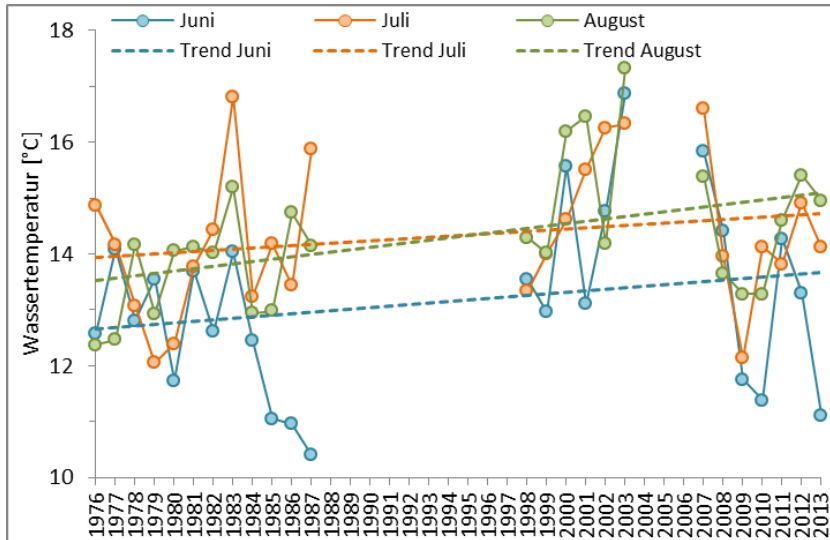
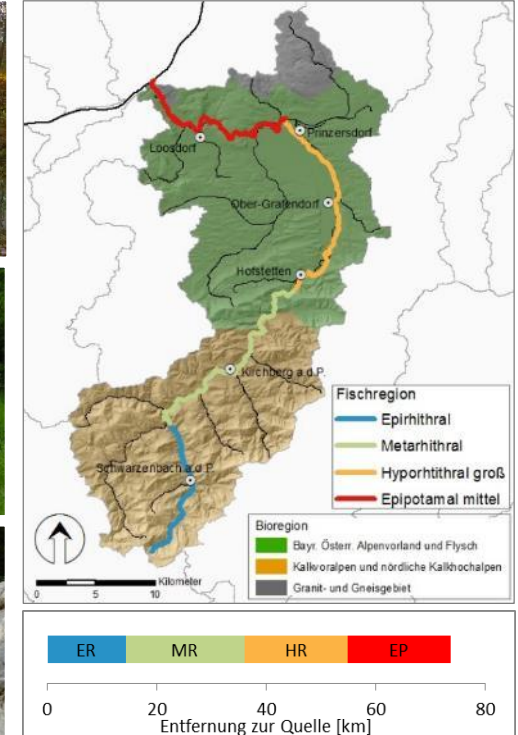
Deutliche Verschiebung der Zönose



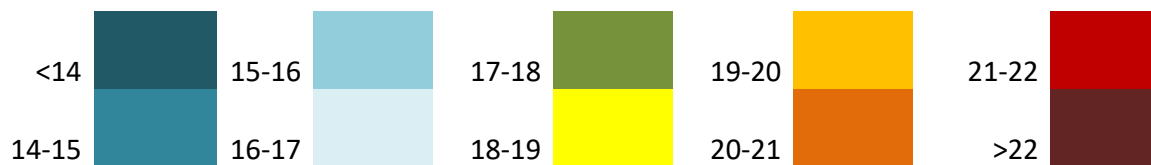
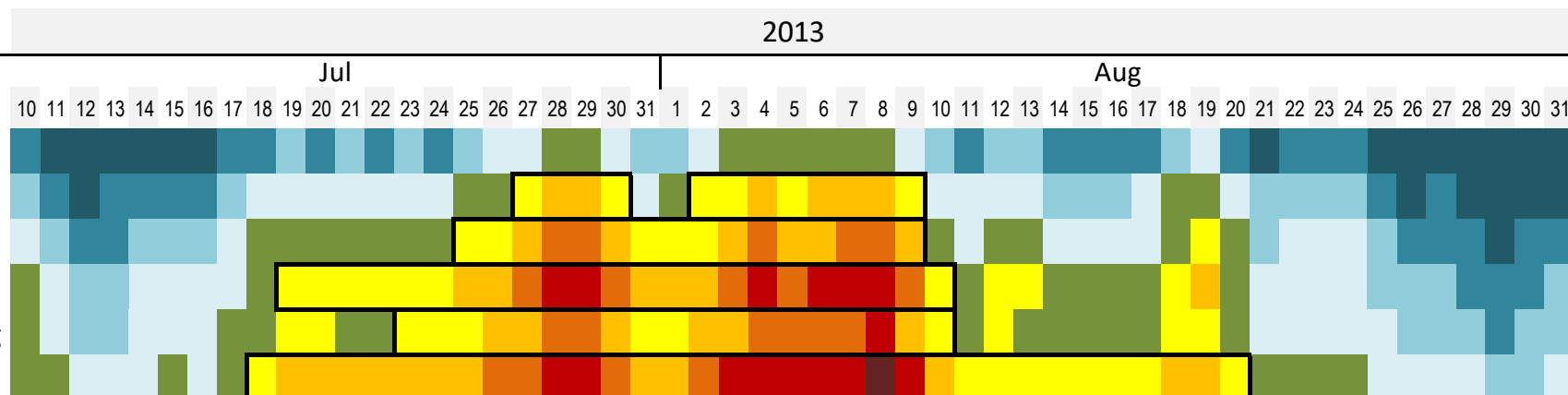
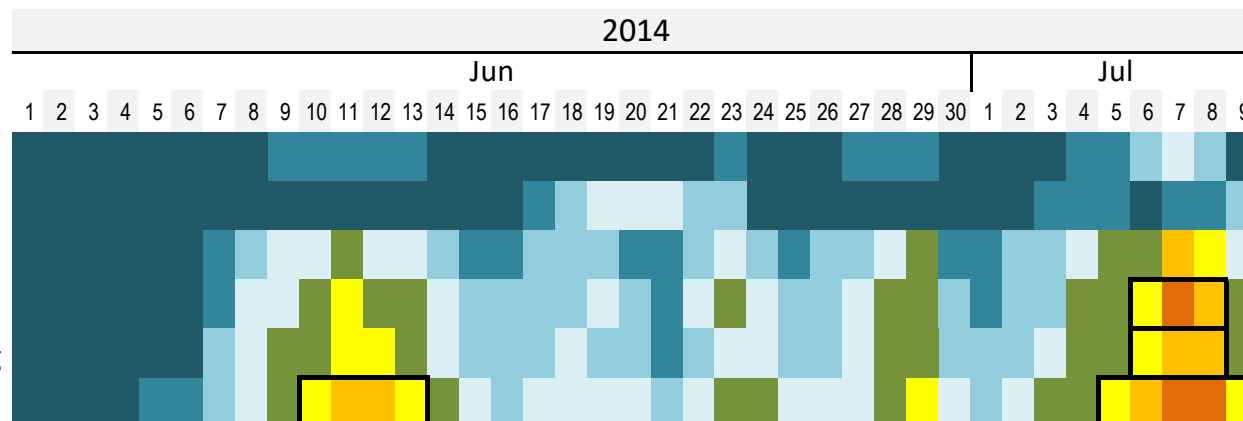
Wassertemperatur und Fischregionen



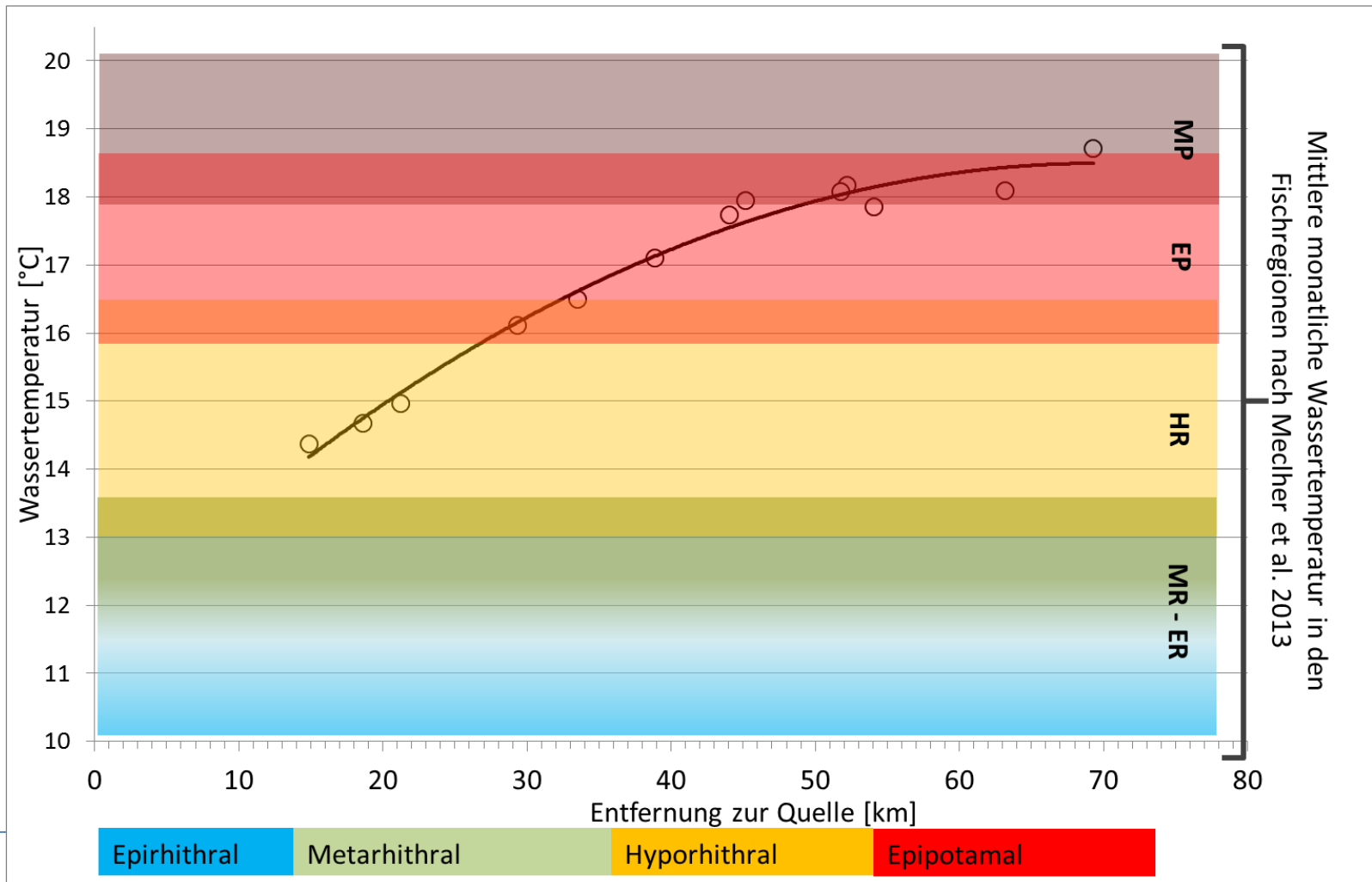
WASSERTEMPERATUR PIELACH



„Heatmap“ der mittleren Wassertemperaturen im Längsverlauf der Pielach in den Monaten Juni/Juli/August

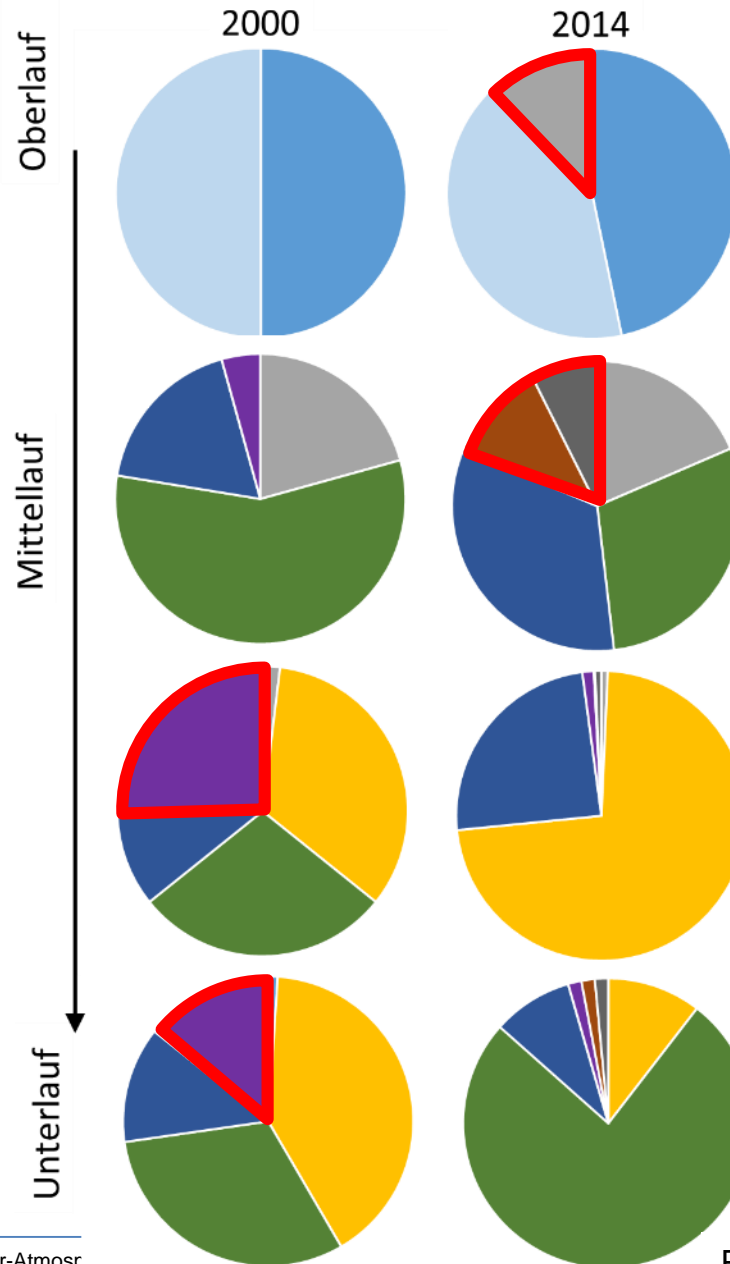
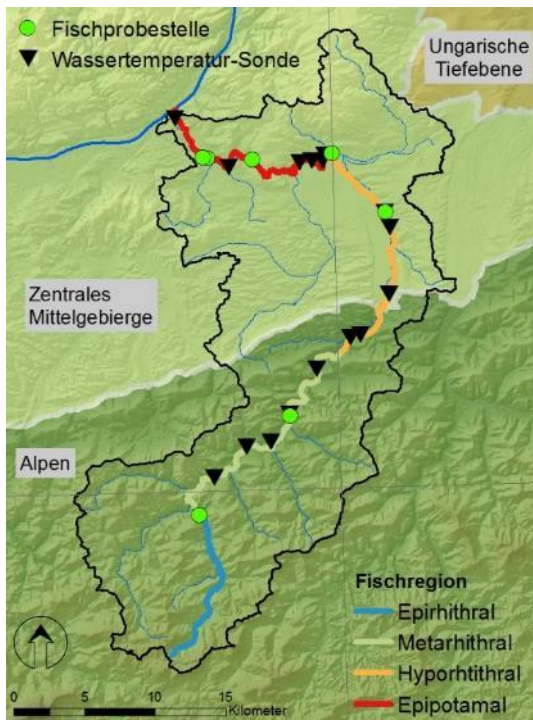


Monatsmittelwerte August 2013 im Längsverlauf der Pielach und zu erwartende Wassertemperaturen in den Fischregionen nach Melcher et al. (2013)

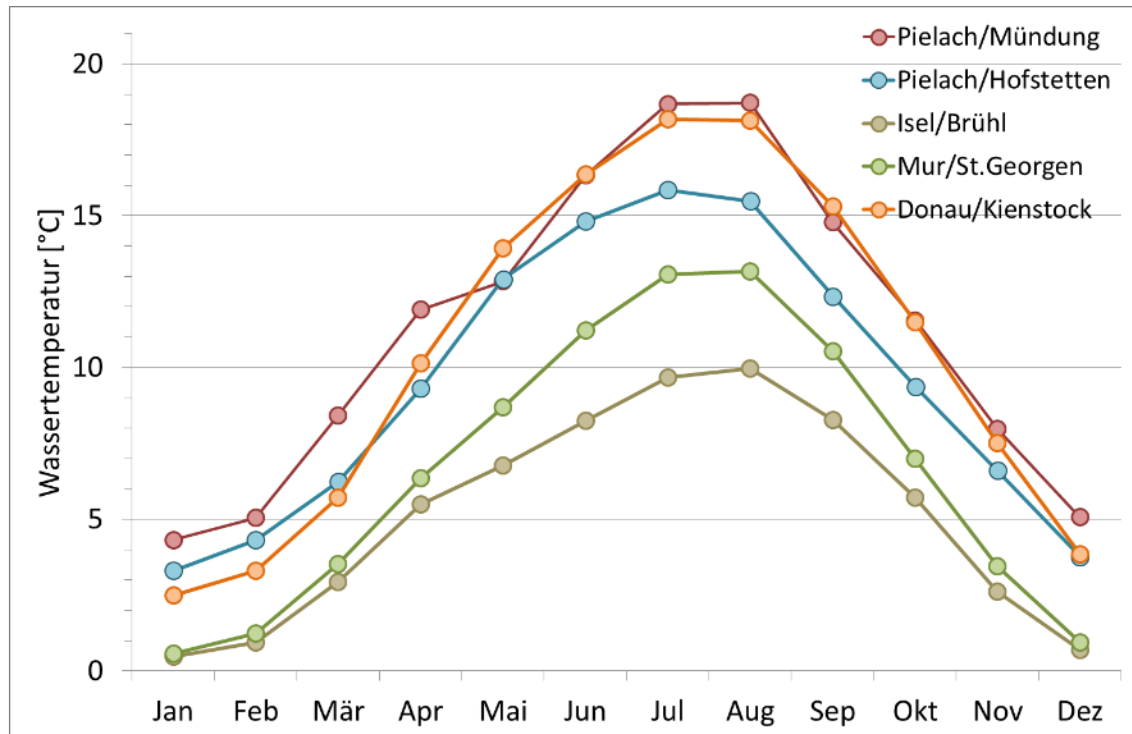


PIELACH – VERSCHIEBUNG ZÖNOSE

- Bachforelle
- Regenbogenforelle
- Äsche
- Aitel
- Barbe
- Huchen
- Nase
- Schneider
- Elritze



Langjährige Monatsmittelwerte (2001 bis 2011) in Huchengewässern
Werte für Pielach/Mündung aus den Messungen 2013/2014.

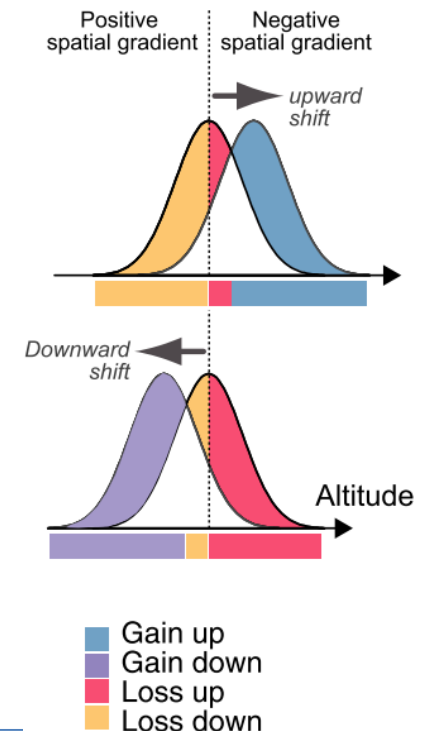
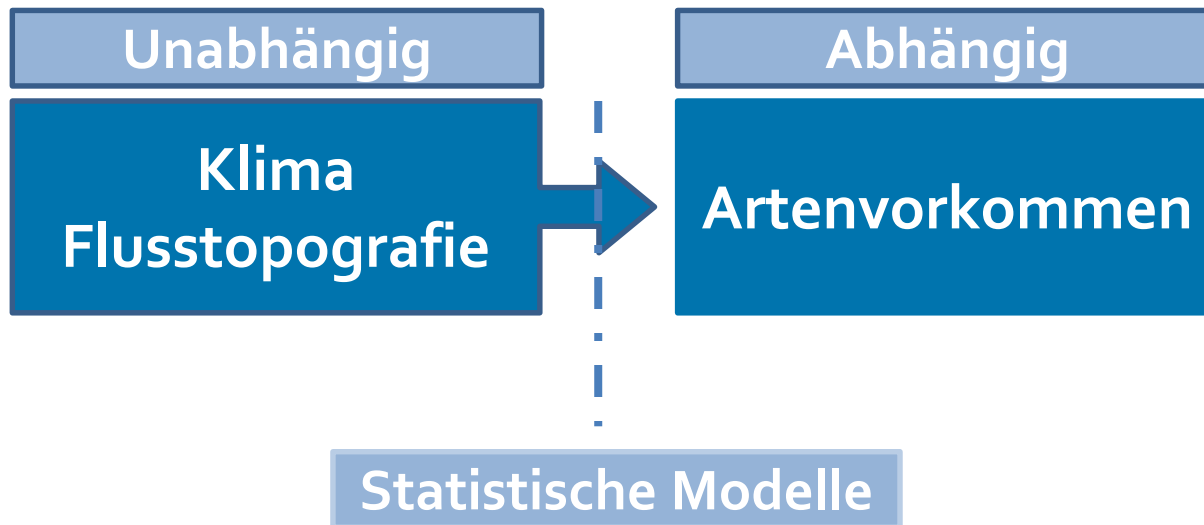


verändert nach Ratschan 2014

Analyse räumlich-zeitlicher Muster

Species Distribution Model (SDM) – Verbreitungsmodelle

- Identifizierung von relevanten Faktoren
- Vorhersage der Verbreitung anhand von Fundpunkten und Umweltparametern für unbeprobte Gebiete/andere Perioden
- ‚Ensemble forecasting‘ (Araújo & New 2007)

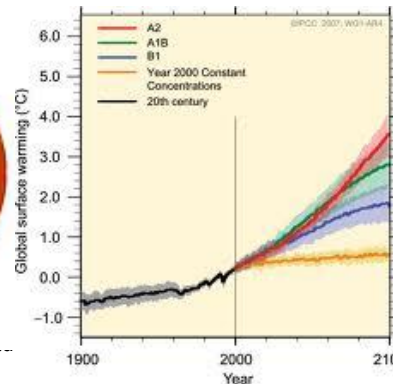
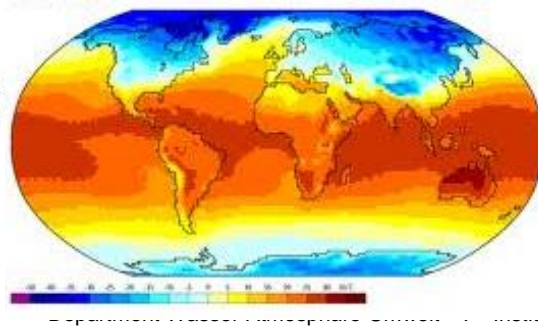
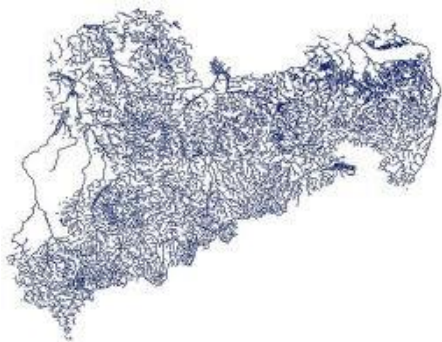
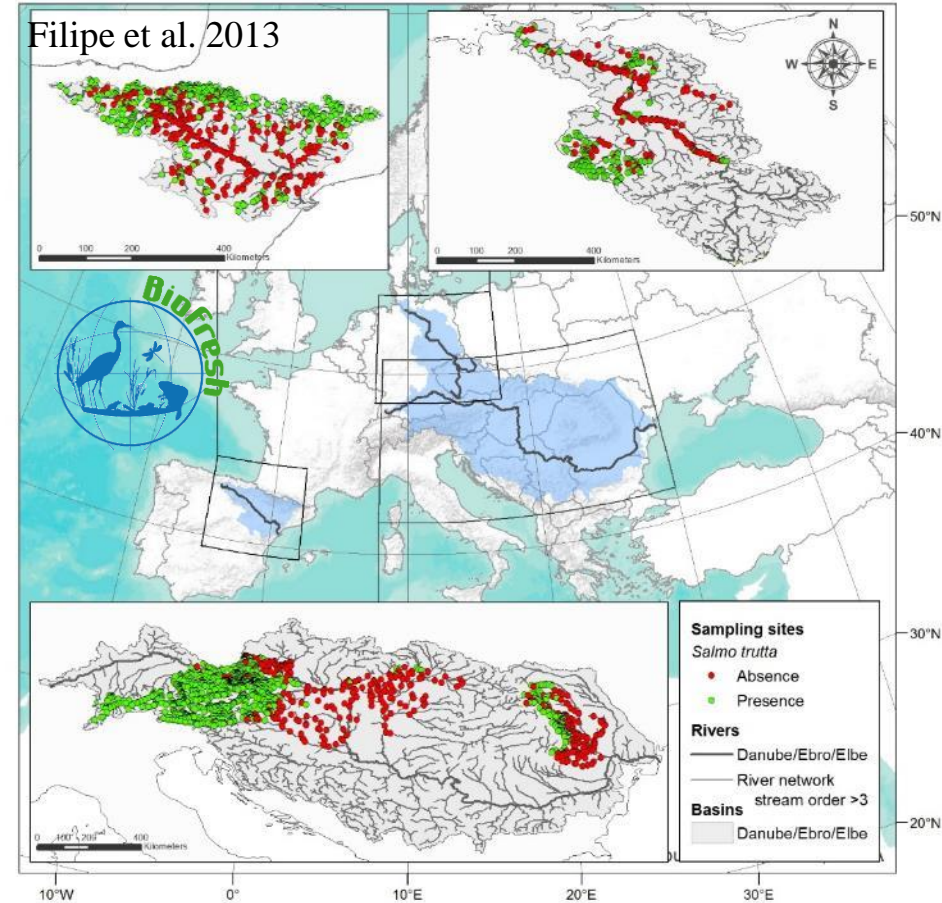


VERBREITUNG FORELLE

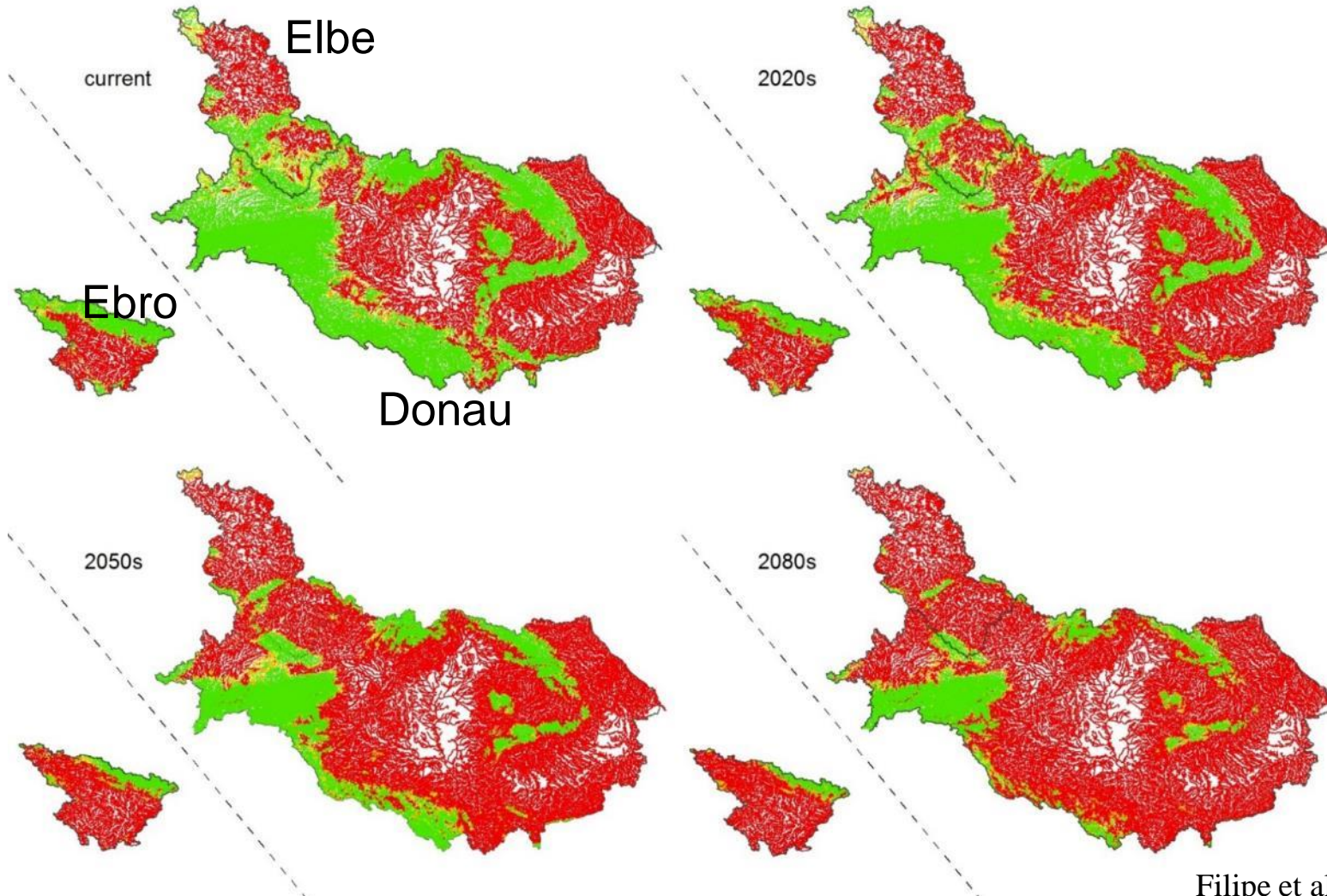


- (1) Verbreitungsmodell für die Bachforelle in Abhängigkeit von Klima, Landnutzung und Flusstopographie
- (2) Zukünftige Verbreitung unter Berücksichtigung des Klimawandels

Untersuchungsgebiet:
Einzugsgebiete Donau, Ebro, Elbe

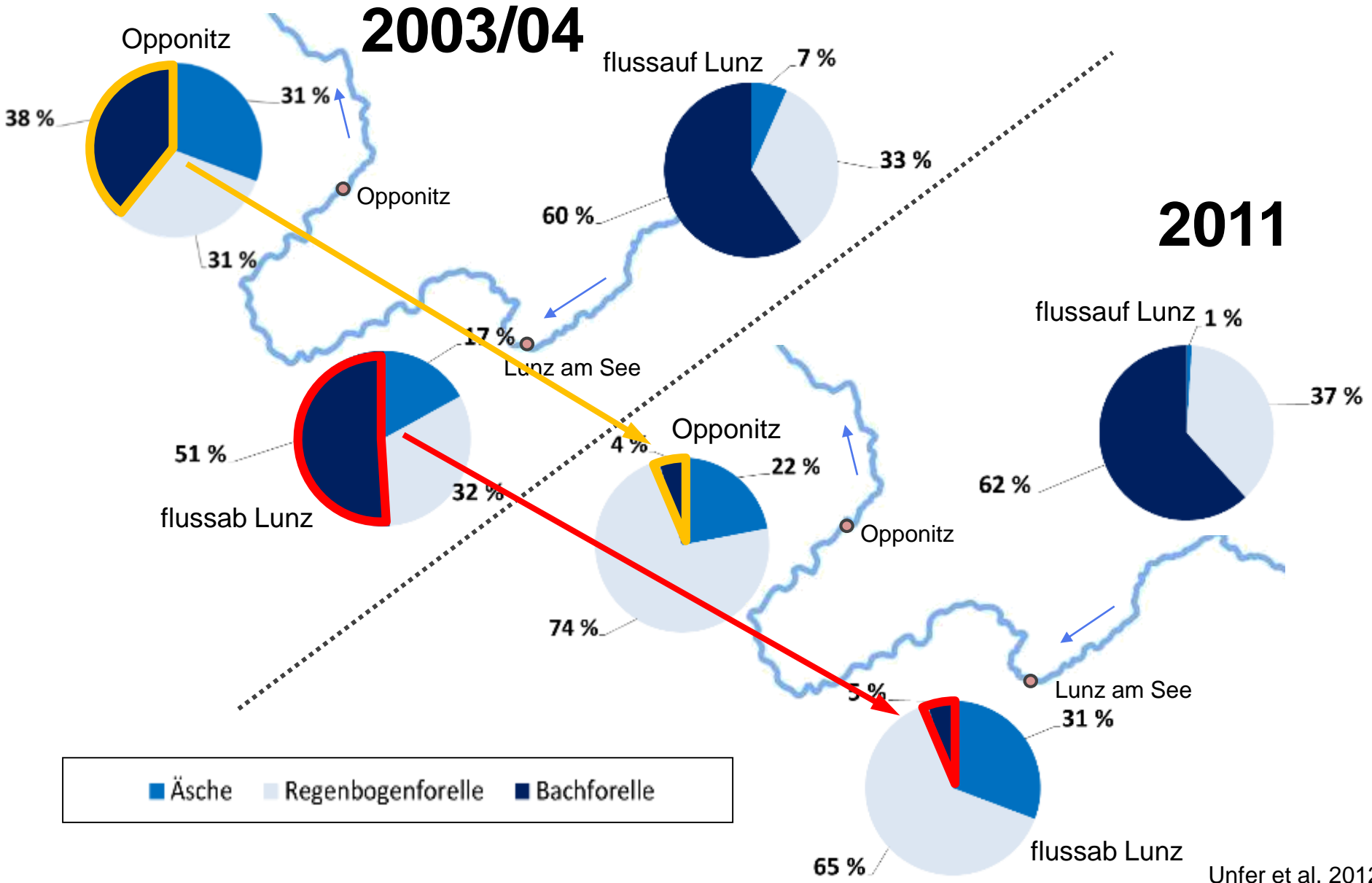


>60% Habitatverlust durch Klimawandelauswirkungen bis 2080

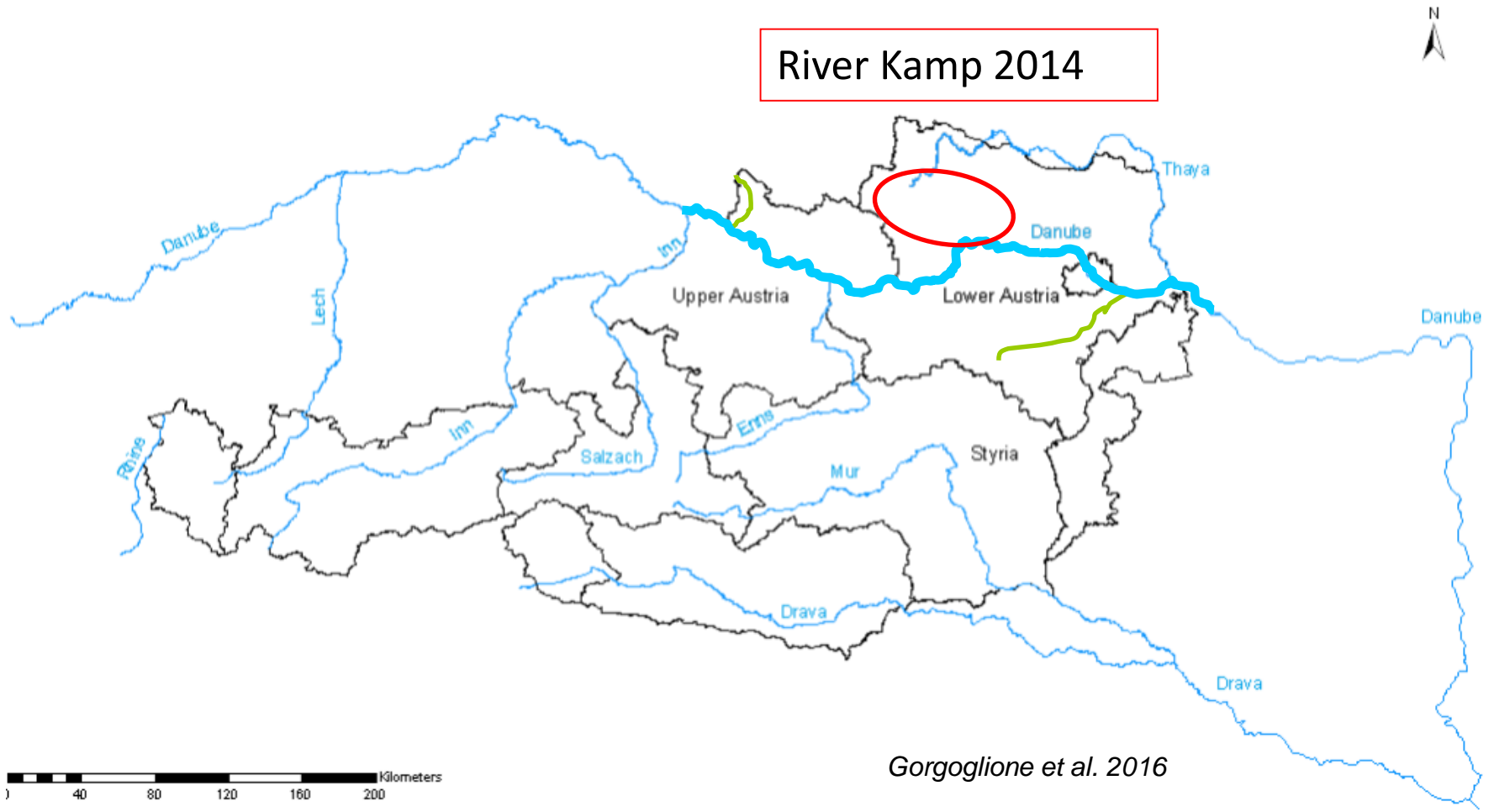


Filipe et al. 2013

Ist nur die Temperatur ein Problem?



River Kamp 2014

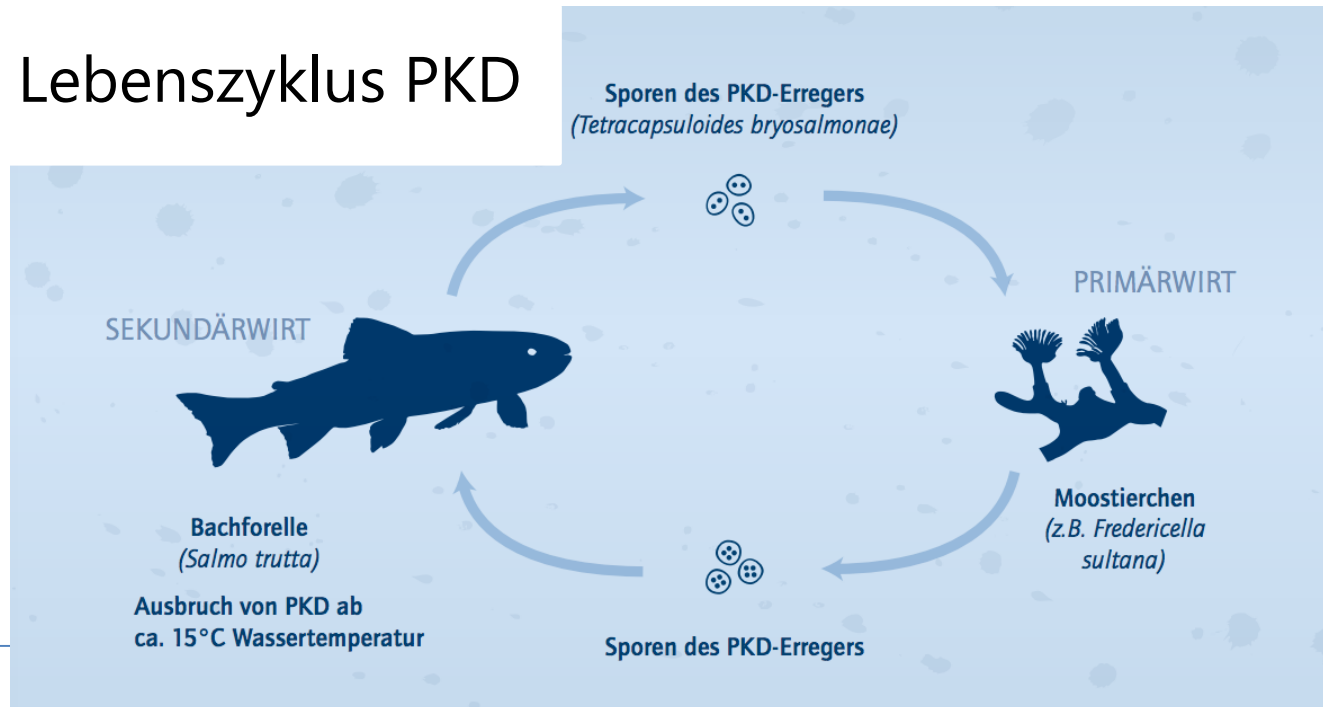


Gorgoglione et al. 2016

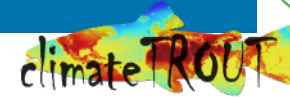
PKD: Proliferative Nierenkrankheit

- bekannt seit ca. 100 Jahren (Okamura et al., 2011)
- 80er Jahre: PKD-Verursacher **Myxozoa** identifiziert (Kent & Hendrick, 1985)
- 1999: Moostierchen als Hauptwirt → Beschreibung Krankheitserreger **Tetracapsuloides bryosalmonae** (Anderson et al., 1999)
- Sporen des Erregers in Europa nachweislich von Bachforelle und Bachsaibling ausgeschieden (Grabner & El-Matbouli 2008).
- Infektionen für fast alle Salmoniden nachgewiesen (Bucke et al., 1991)

Lebenszyklus PKD

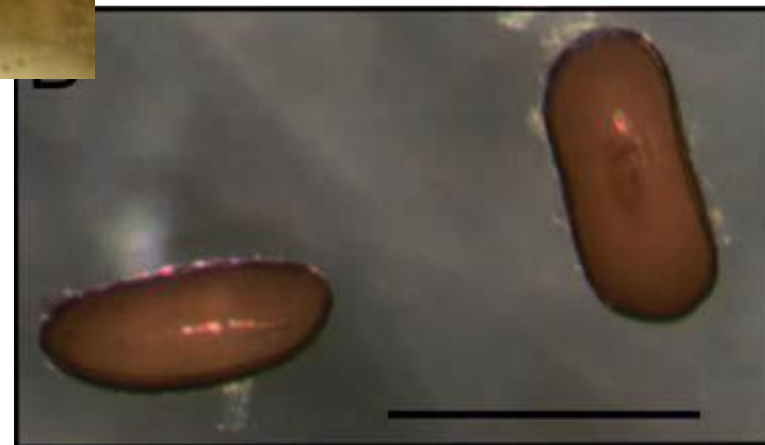


PKD - MOOSTIERCHEN (BRYOZOA)

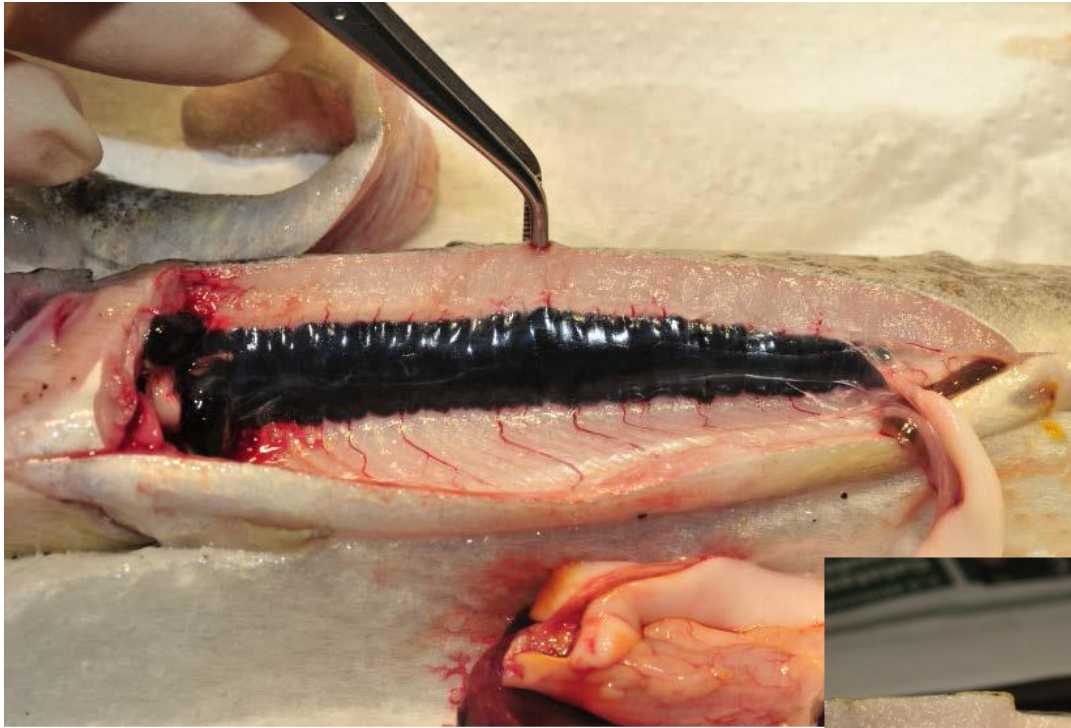




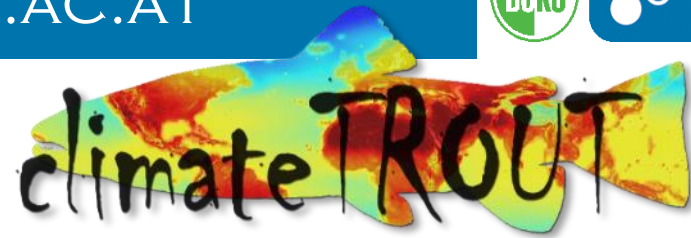
**Moostierchen und
Statoplasten**
(Dauerungsstadium)



- *T. bryosalmonae* gelangt über die Haut/Kiemen in den Fisch (Morris et al., 2000).
- Fisch reagiert mit Entzündungsreaktionen → Nierenschwellung (Feist & Longshaw, 2006)
- **Immunreaktionen bleiben bei niedrigen Temperaturen aus** (Le Morvan et al., 1998).
- Sporen vom Fisch über den Harn ausgeschieden (Hendrick et al., 2004) → infektiös für Moostierchen (Grabner & El-Matbouli, 2008).
- Fische sterben an PKD (Bettge et al., 2009) bzw. Sekundärinfektionen (Feist & Bucke, 1993)
- **Mortalitätsraten und Schwere der Erkrankung temperaturabhängig** (Bettge et al., 2009)
- **Jungfische sind anfälliger**
- Naive Populationen besonders gefährdet
- Jungfische, die eine PDK überleben (durch niedrige Temperaturen), erlangen Immunität, scheiden aber Sporen aus (Okamura et al., 2011)



ClimateTrout: Newly emerging impacts in riverine ecosystems: combined effects of climate change and malacosporean infections in brown trout



Willkommen bei ClimateTrout



Das Projekt „Neu auftretende Bedrohungen der Bachforelle in Fließgewässern: das Zusammenwirken von klimatischen Veränderungen und Malacosporeen-Infektionen“, kurz ClimateTrout, ist ein gemeinsames Projekt von VetMedUni Wien und BOKU Wien unterstützt durch den Klima- und Energiefonds im Zuge des Österreichischen Klima-Wissenschaftsprogrammes (ACRP, 9th call).

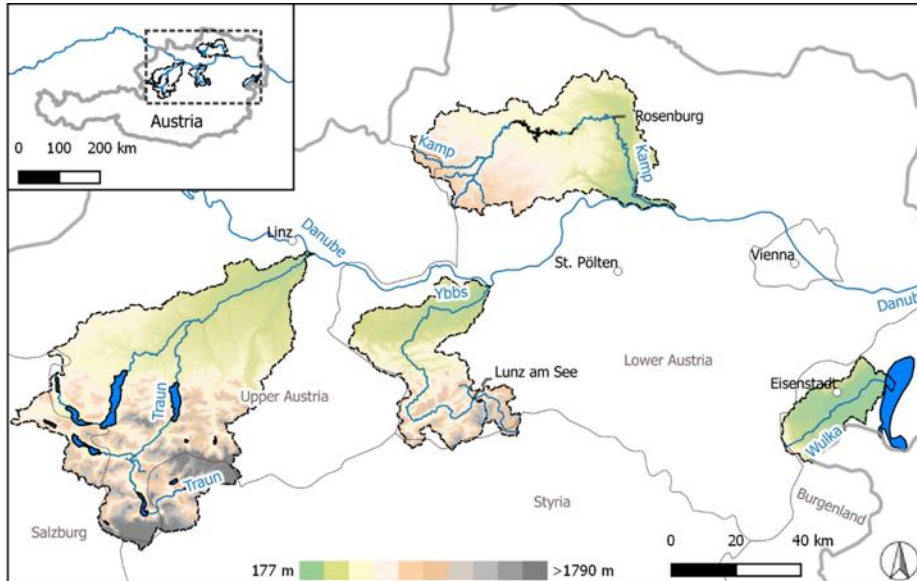


Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

ClimateTrout untersucht das Zusammenspiel von Wassertemperatur in Flüssen, das Vorkommen von Moostierchen, die Verbreitung der Bachforelle (*Salmo trutta f. fario*) und das Auftreten der proliferativen Nierenkrankheit (PKD) in Abhängigkeit des Klimawandels. Das Projekt befasst sich mit neu auftretenden Belastungen durch den Klimawandel.

ClimateTrout hat zum Ziel:

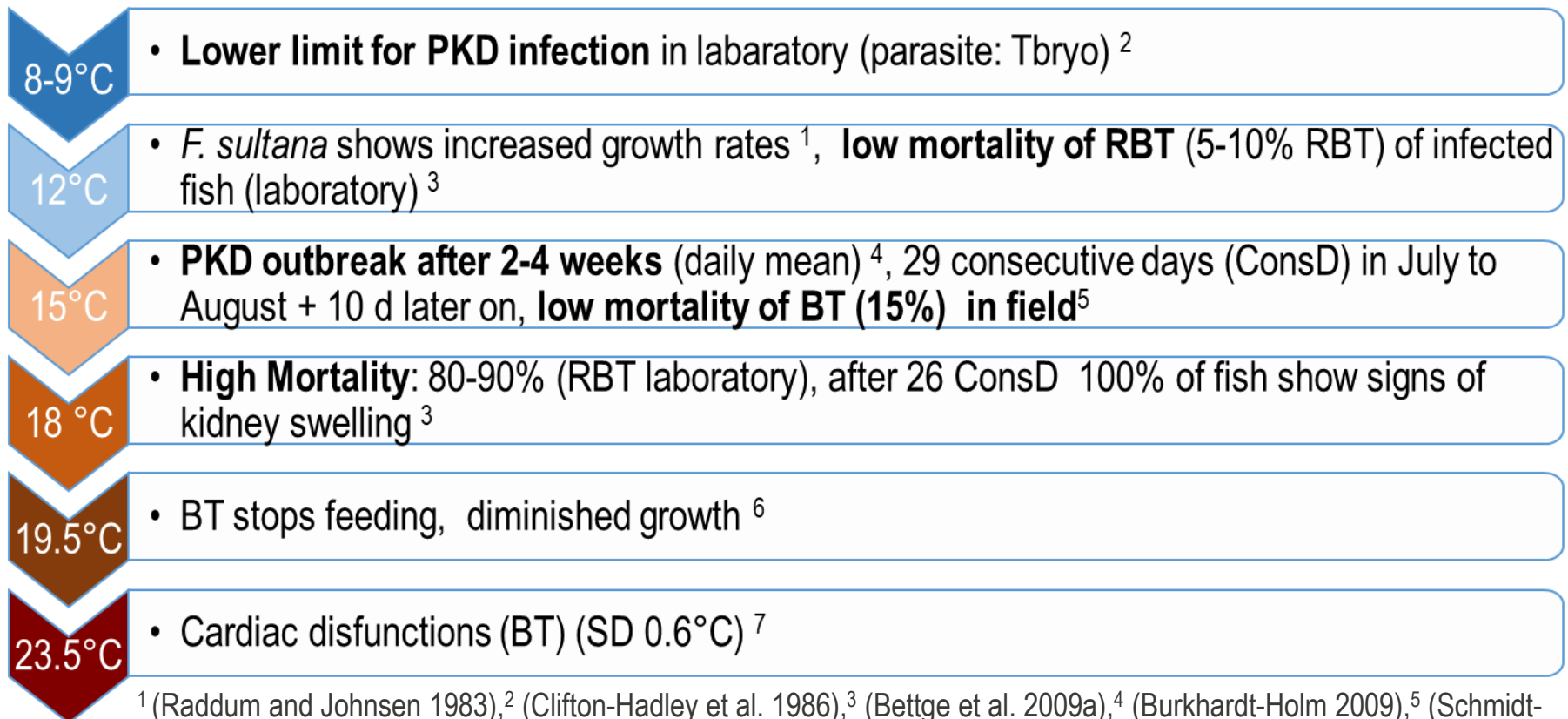
- eine Klima-sensitive Art (Bachforelle, *Salmo trutta f. fario*) zu untersuchen
- Klimawandel-vulnerable Lebensräume (kaltwasserführende Flüsse) zu identifizieren
- die Veränderung von Ökosystemprozessen (Wassertemperatur) durch den Klimawandel darzustellen
- die Effekte von Krankheitserregern und deren verstärktes Vorkommen durch den Klimawandel zu berücksichtigen
- Empfehlungen für robuste Managementstrategien zum Erhalt von vitalen Bachforellenspopulationen unter Berücksichtigung des Klimawandels zu erstellen



9th Austrian Climate Research Programme

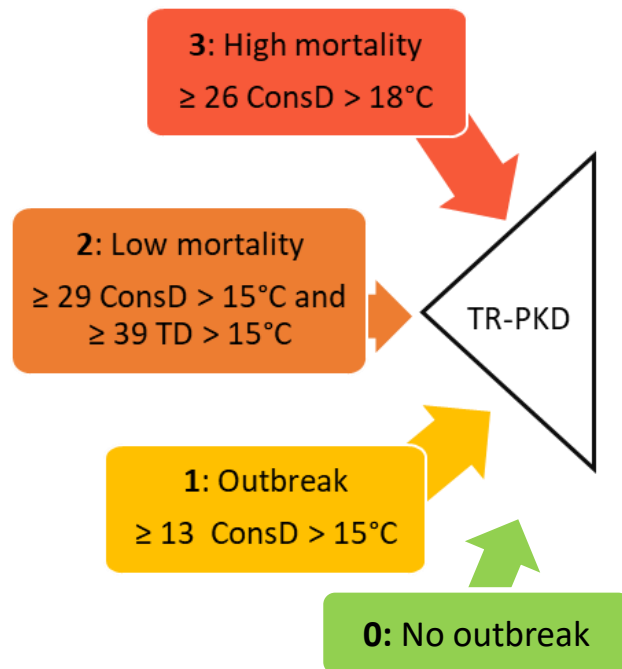


Relevante Temperaturgrenzwerte für die Bachforelle und PKD



¹ (Raddum and Johnsen 1983), ² (Clifton-Hadley et al. 1986), ³ (Bettge et al. 2009a), ⁴ (Burkhardt-Holm 2009), ⁵ (Schmidt-Posthaus et al. 2015), ⁶ (Elliott and Elliott 2010), ⁷ (Vornanen et al. 2014)

Österreichweite Evaluierung des PKD- & Temperatur-Risikos



Temperatur-abhängiges PKD Risiko
(TR-PKD)

4-stufige Risikoeinschätzung, die unterschiedliche Grenzwerte berücksichtigt

Erhebung Status-Quo

Ausblick zukünftige Entwicklung

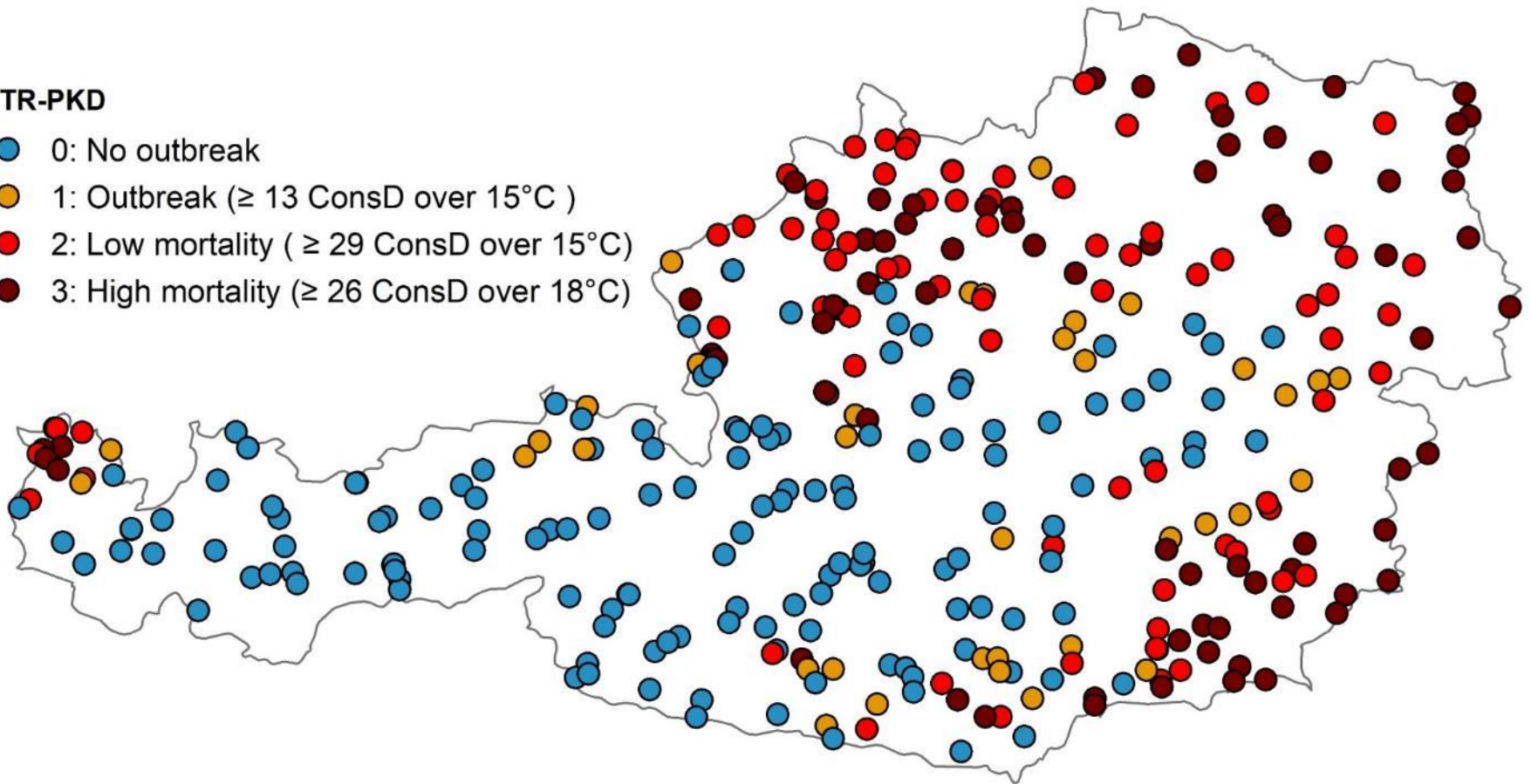
ConsD = consecutive days; TD = total days

Status-Quo (2000-2011) PKD-Risiko

Alle Fließgewässer-Temperaturpegel (unter 1500m)

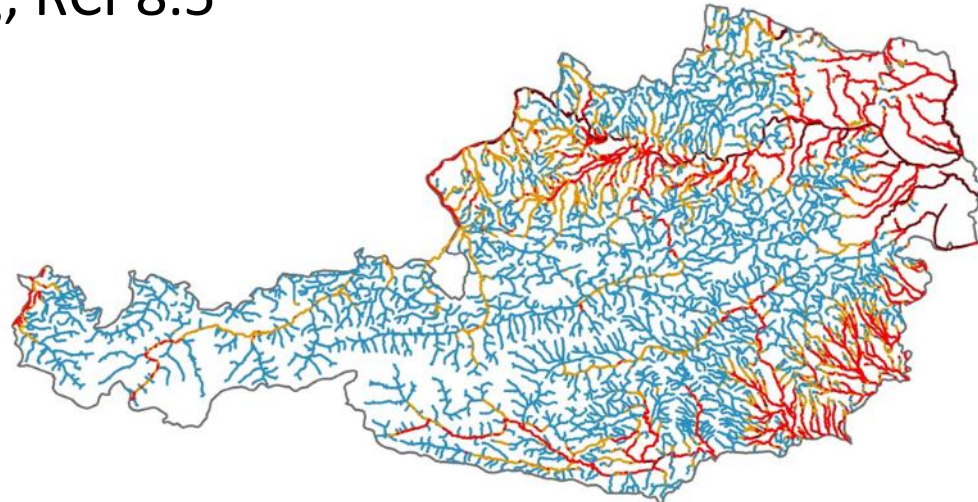
TR-PKD

- 0: No outbreak
- 1: Outbreak (≥ 13 ConsD over 15°C)
- 2: Low mortality (≥ 29 ConsD over 15°C)
- 3: High mortality (≥ 26 ConsD over 18°C)

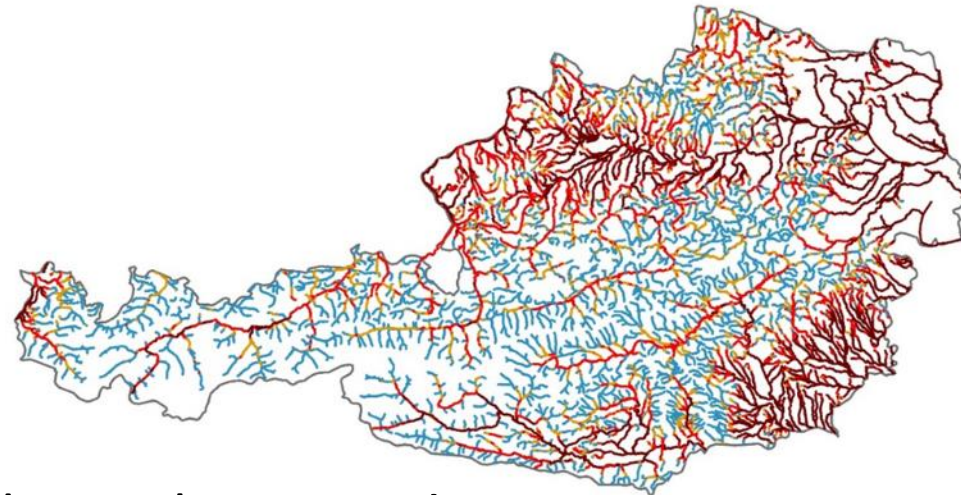


Zukünftige Entwicklung; RCP8.5

Near future
(2021-2050)



Far future
(2071-2100)

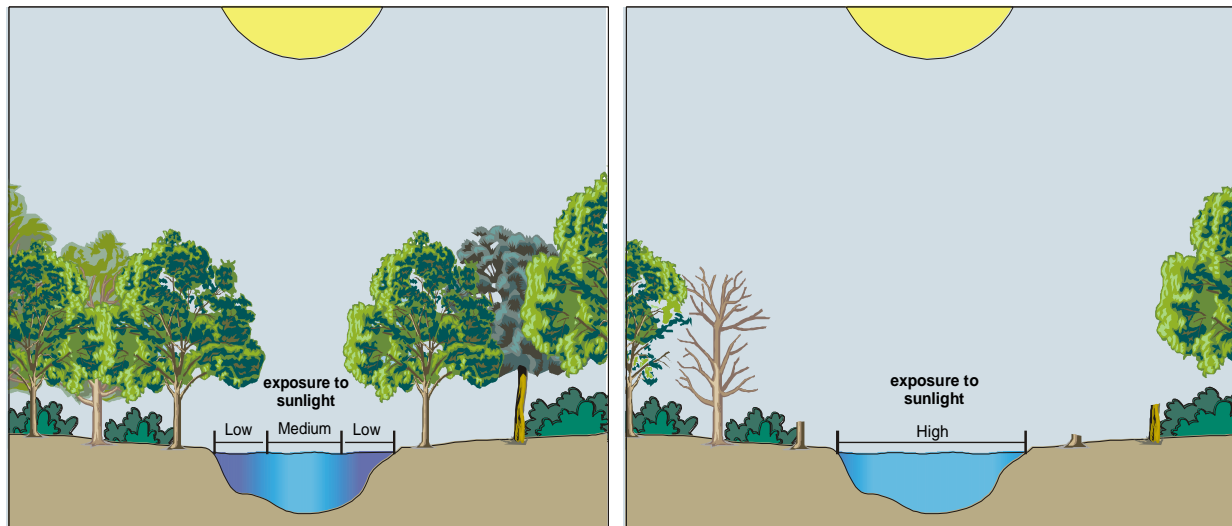


Zusätzlicher Faktor, der die Fische stresst!

Alles für die Fisch?

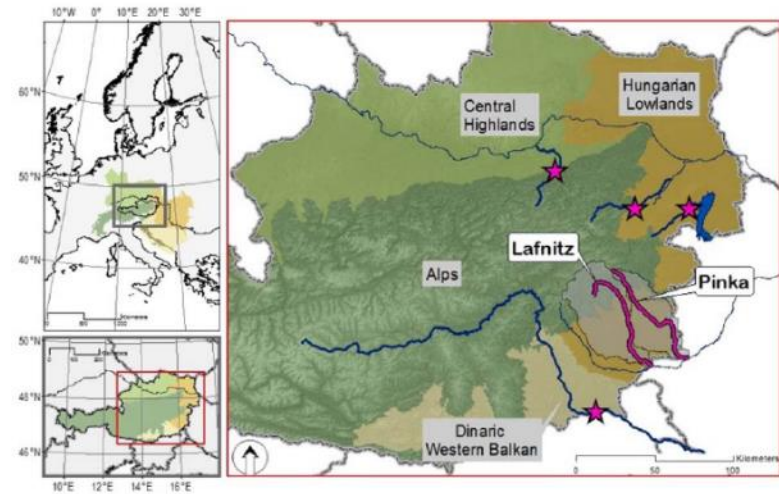
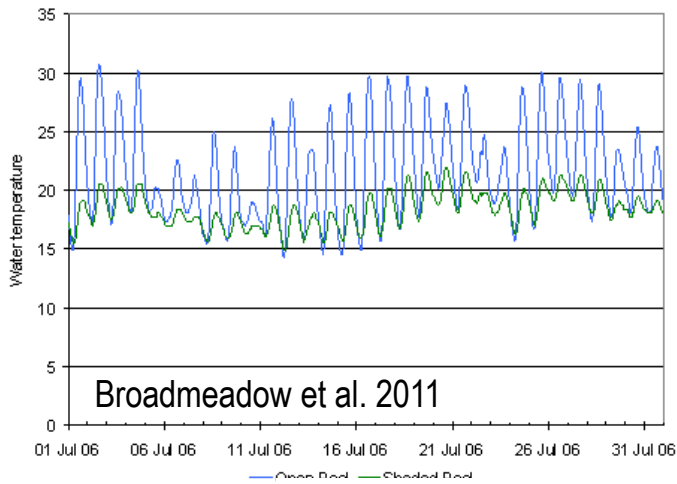
Beschattung wichtiger Faktor

Nicht nur lokal sondern auf Einzugsgebietsebene!!



http://mathinscience.info/teach/612_science/biolife_envisci/freshwater/fresh_water.htm

BESCHATTUNG & WASSERTEMPERATUR

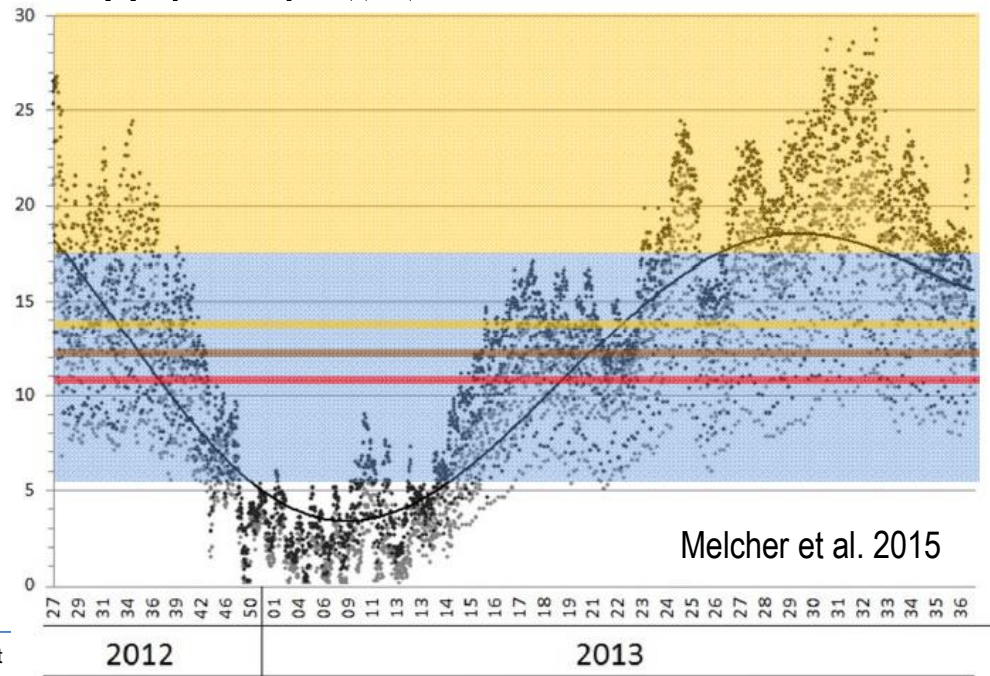
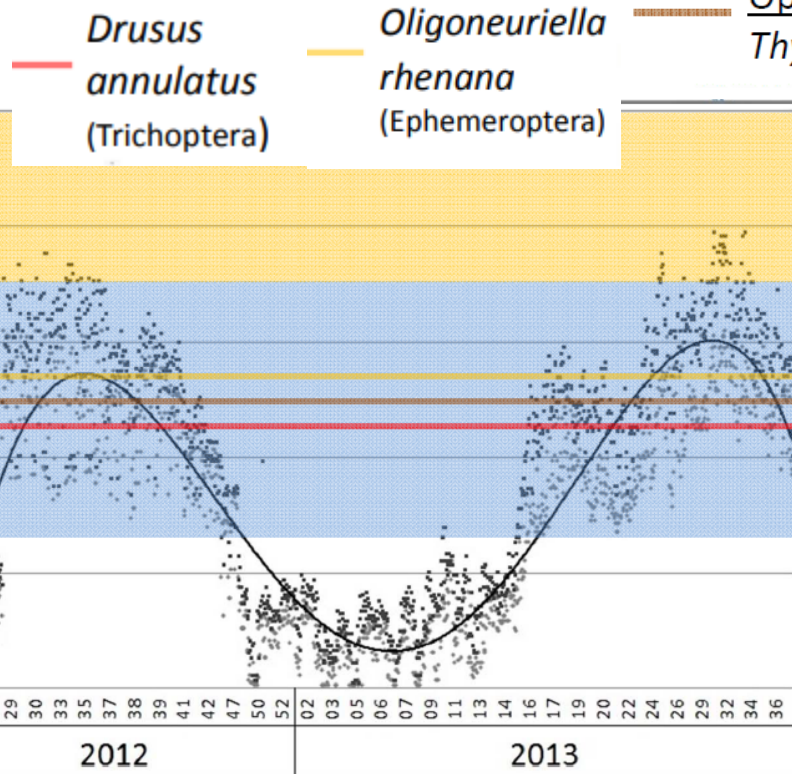


Optimum:

Thymallus thymallus

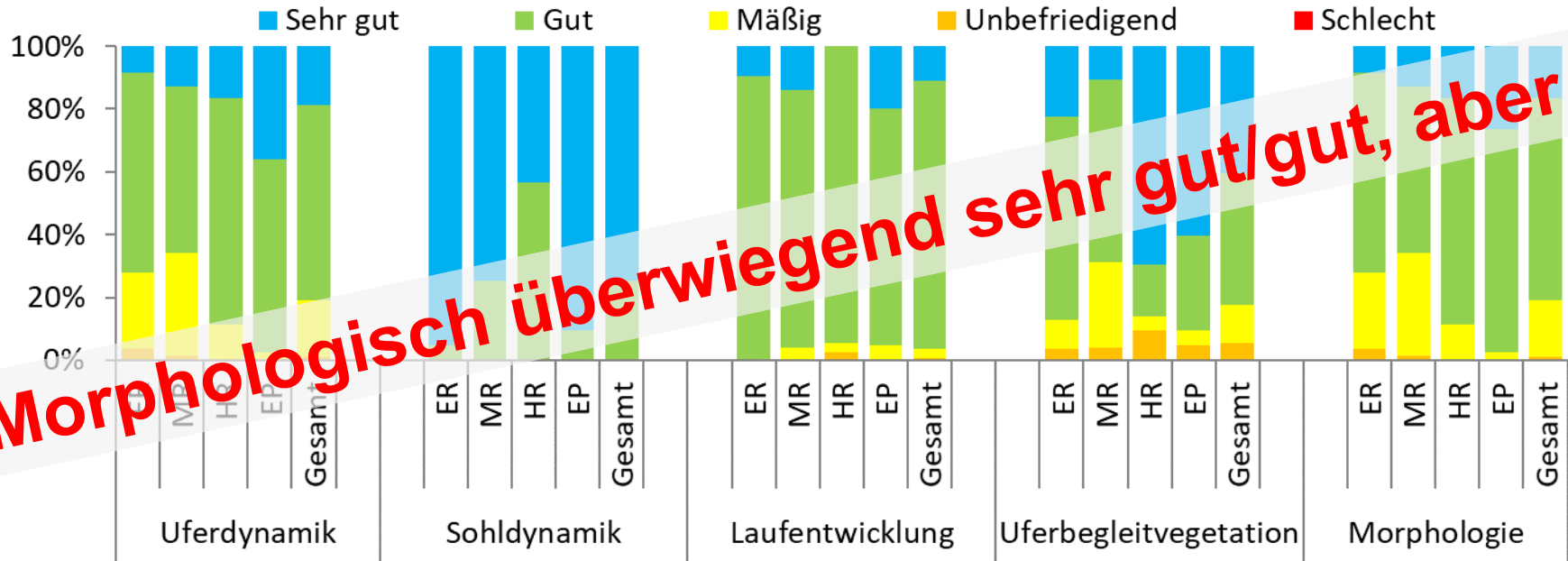
Cyprinids

Salmonids



Melcher et al. 2015

Lokale Kahlschläge vermeiden
Altbestände erhalten



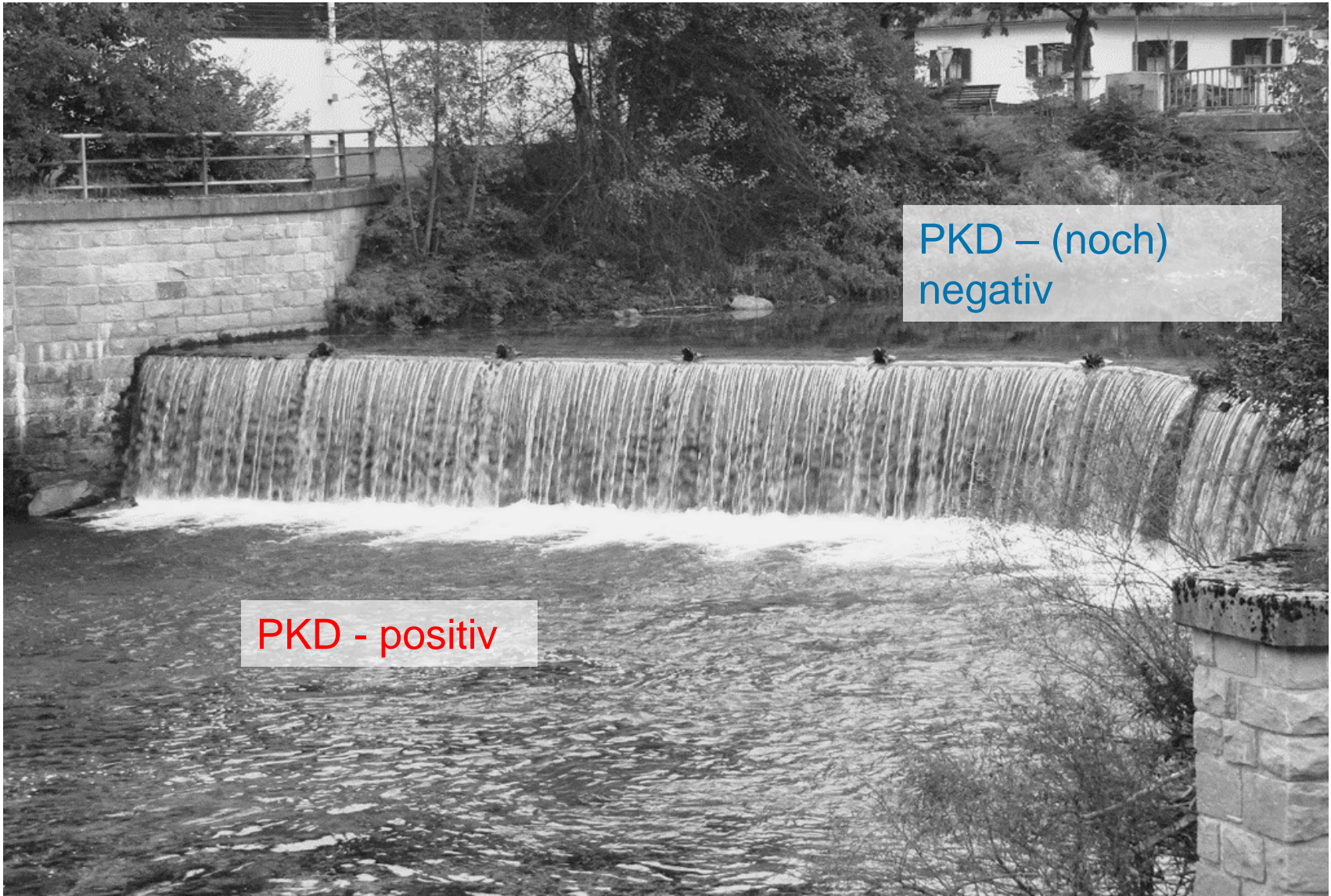
Konnektivität: Funktion von Wanderhilfen



Blockierte Aufstiegshilfe

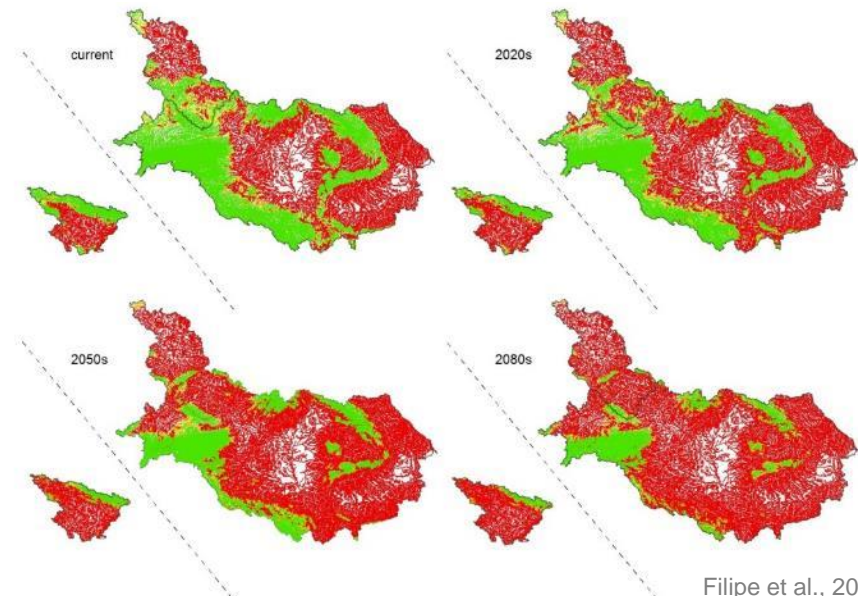
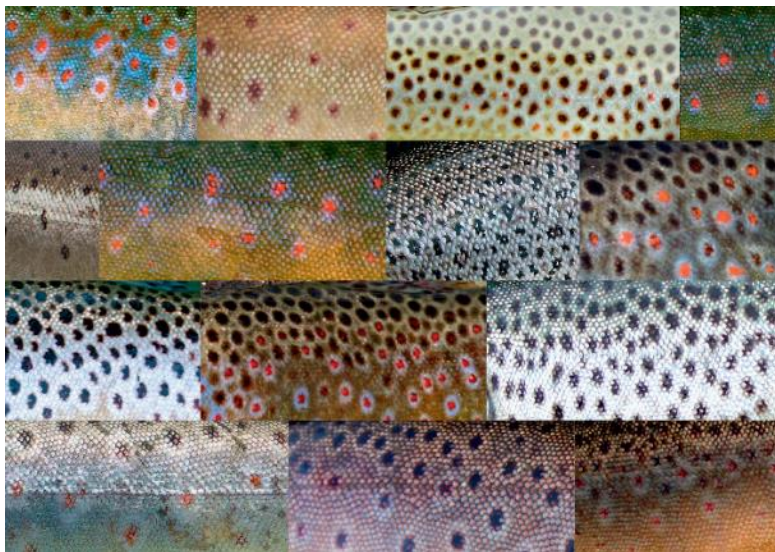
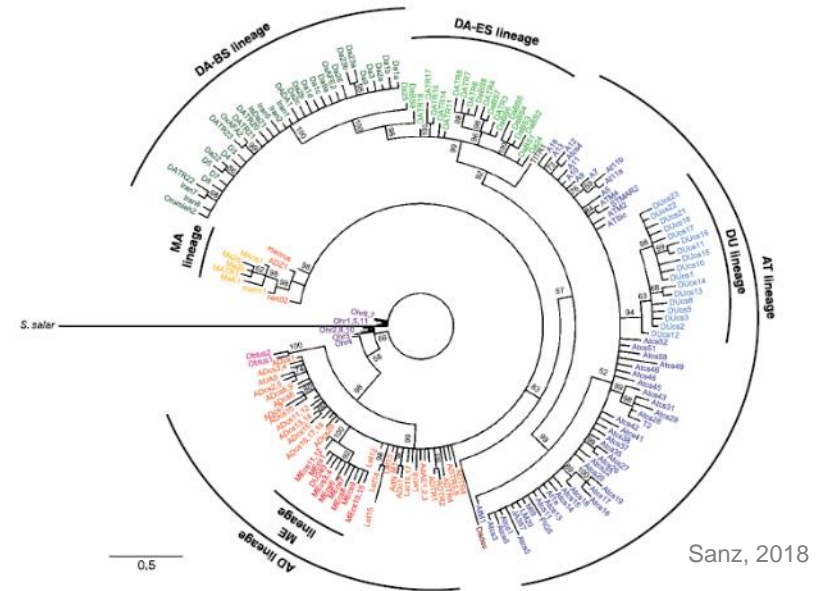
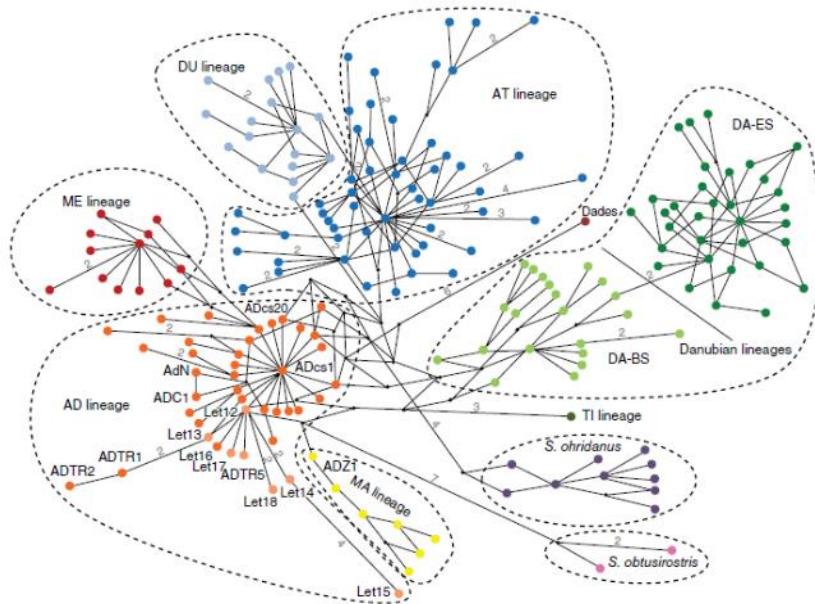


Einstieg FAH; 5-10cm Wassertiefe



PKD - positiv

PKD – (noch)
negativ



Wassertemperatur

- ▷ steigender Trend mit schnellerem Anstieg seit den 80er Jahren
- ▷ Längere Hitzephasen
- ▷ Früheres Frühlingserwärmen

Artenverbreitung

- ▷ Klimawandel beeinflusst die Verbreitung von Kaltwasser-Arten sowie Artenzusammensetzung – großräumiges Management
- ▷ Alpen als mögliches Refugium – genetische Vielfalt!
- ▷ Maßnahmen müssen jetzt gesetzt werden – nicht nur lokal (EZG-Effekte)
- ▷ Rolle von Krankheiten – viel Forschungsbedarf!

Konkrete Maßnahmen

- Desinfektion von Ausrüstung, die im Gewässer im Einsatz ist
- PKD-freie Abschnitte: Besatzfische jedenfalls auf PKD untersuchen
- Öffnen kritischer Kontinuumsunterbrechungen hinterfragen

Weitere Schritte:

- Österreichweite Ermittlung des PKD Status !!! Wo ist PKD und wo (noch) nicht?
- Schutz PKD-freier Gewässer
- Fischzuchtbetriebe auf PKD untersuchen – PKD sollte den Status einer „meldepflichtigen Krankheit“ bekommen (siehe Schweiz)

Herzlichen Dank!

Florian Borgwardt

Tel.: +43 1 47654-81234

Fax: +43 1 47654-81217

florian.borgwardt@boku.ac.at

www.boku.ac.at

Universität für Bodenkultur Wien

Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt

Institut für Hydrobiologie und
Gewässermanagement

Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

www.boku.ac.at/ihg.html