



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



© Michel Roggo

Folgen der Trockenheit für die Gewässerökologie

Dr. Katharina Lange, Bundesamt für Umwelt

1



Auswirkungen des Klimawandels



© Michel Roggo

2



Auswirkungen des Klimawandels

- 1) Lebensraum Fließgewässer
 - Lokale Auswirkungen
 - Auswirkungen Gewässernetz
- 2) Organismen im Nahrungsnetz
 - Algen
 - Makroinvertebraten
 - Fische
- 3) Multiple Stressoren
- 4) Fazit













3

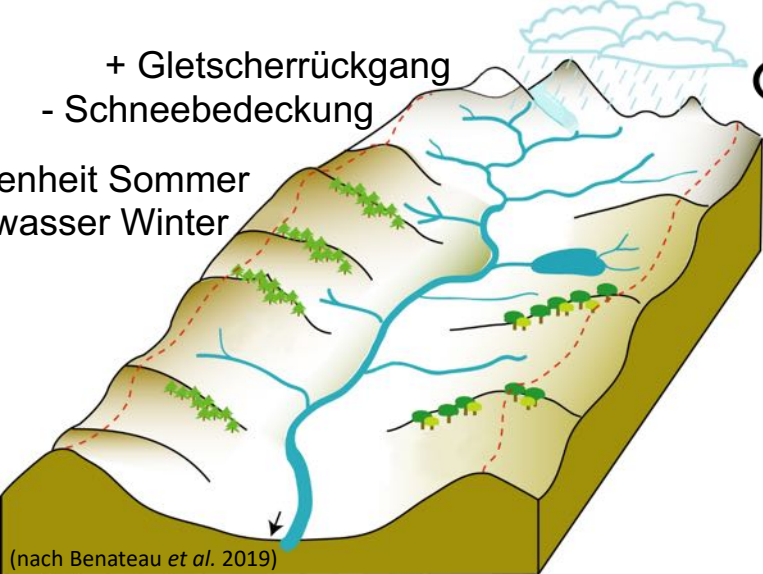


Lebensraum Fließgewässer

+ Gletscherrückgang
- Schneebedeckung

+ Trockenheit Sommer
+ Hochwasser Winter



(nach Benateau *et al.* 2019)

4

+ **Lokale Auswirkungen**

Alpenbäche & -flüsse
 ↑ Hochwasser Winter
 ↑ Niedrigwasser Sommer
 ↓ Habitatverfügbarkeit
 ↑ Temperatur
 .. bis zum Austrocknen
 ↑ Sedimentbelastung

Grosse Flüsse
 ↑ Hochwasser Winter
 ↑ Niedrigwasser Sommer
 ↓ Verdünnungskapazität
 Sommer

(nach Benateau et al. 2019)

5

+ **Auswirkungen Gewässernetz**


Alpenbäche & -flüsse
 ↑ Hochwasser Winter
 ↑ Niedrigwasser Sommer
 ↓ Lebensraum
 ↑ Temperatur
 .. bis zum Austrocknen
 ↑ Sedimentbelastung

Grosse Flüsse
 ↑ Hochwasser Winter
 ↑ Niedrigwasser Sommer
 ↓ Verdünnungskapazität
 Sommer


↓ Vernetzung von Lebensräumen
 (Refugien, Laichhabitaten,
 Nahrungshabitaten, ..)
 Verlust Extremhabitats

(nach Benateau et al. 2019)

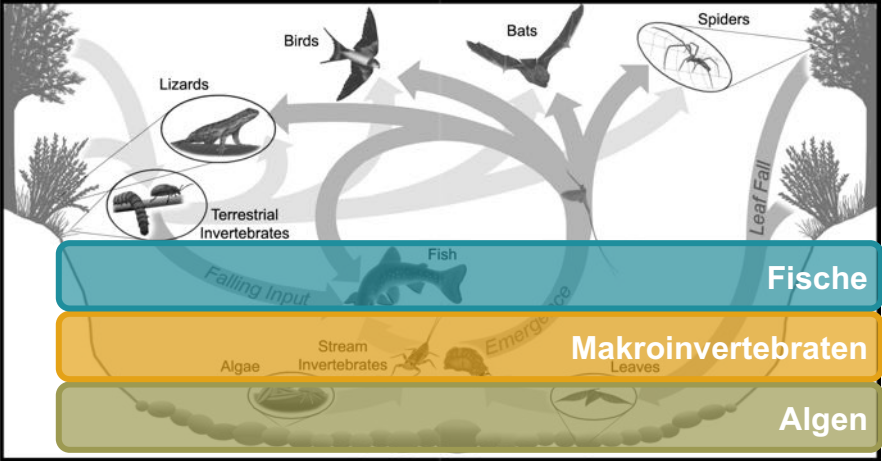
6



Organismen im Nahrungsnetz




Verlust Extremhabitate
Änderung Abflussregime
Temperaturerhöhung 4°C

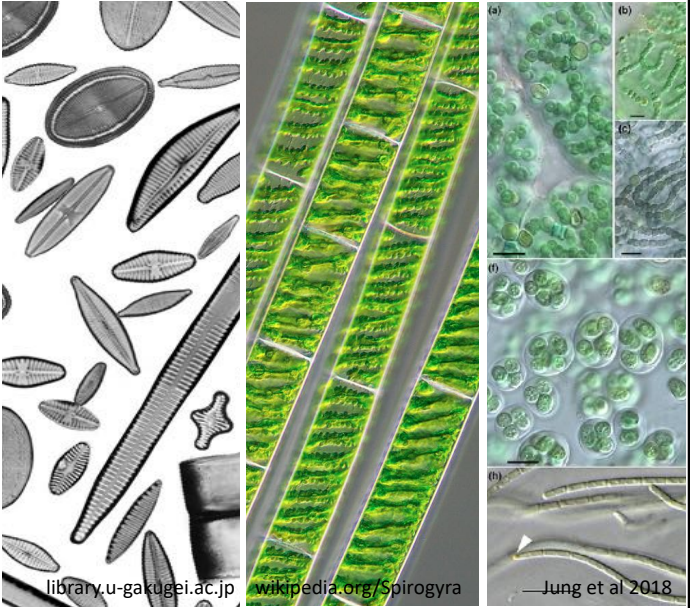


(Baxter *et al.* 2005; Auflistung aller Referenzen auf Folie 28)

7



Algen



in Bergbächen:

- Hauptenergiequelle
- Zusammensetzung:
Diatomeen,
Grünalgen,
Cyanobakterien

© Roggo

library.u-gakugei.ac.jp wikipedia.org/Spirogyra

— Jung et al 2018

8

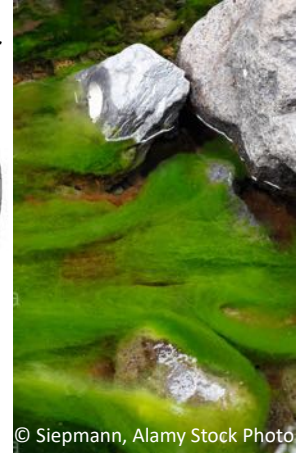


Algen



© Roggo

Abflussregime: Zeit seit dem letzten Hochwasser
Temperaturerhöhung um 4°C
Quelle des Abflusses: Nährstoffverfügbarkeit



© Siepmann, Alamy Stock Photo

→ Entwicklung der Artenzusammensetzung von kleinen, anhaftenden zu grossen filamentösen Formen.



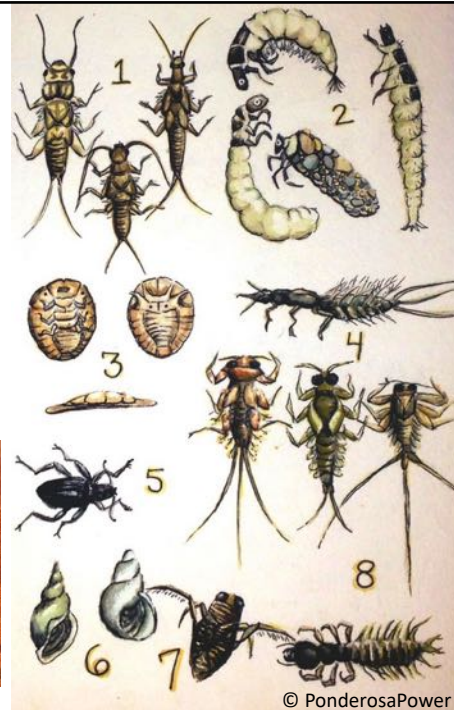
Makroinvertebraten



Ecdyonurus sp. © Astrid Schmi



Rhithrogena sp. © naturfotografen-forum.de/Marko König



© PonderosaPower



Makroinvertebraten: kryptische Artenvielfalt



11

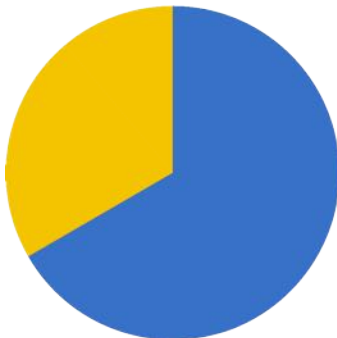
11



Makroinvertebraten: intraspezifische genetische Diversität

Prognose Auswirkungen des Klimawandels auf die Diversität von 9 Arten aus den europäischen Alpen

Arten



(Bálint *et al* 2011)

Fortbestand unter beiden Klima-Szenarien
Verlust unter einem oder beiden Szenarien



© Klaus Leitl

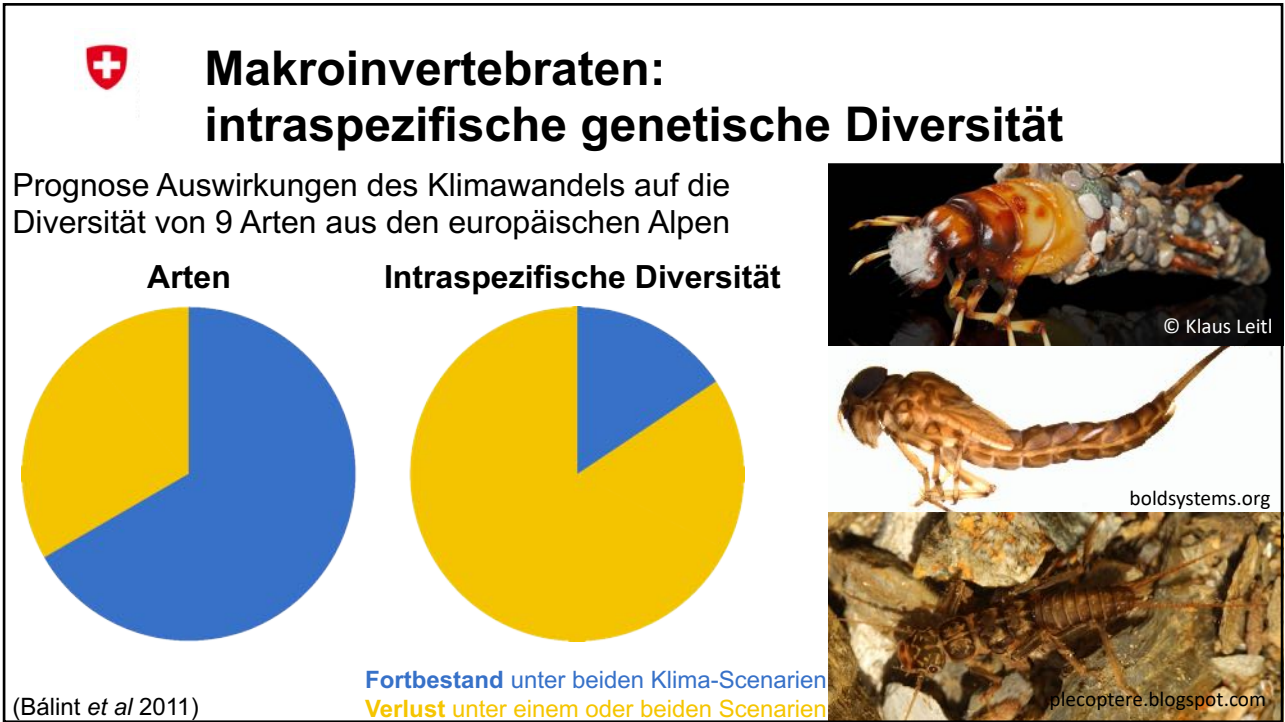


boldsystems.org

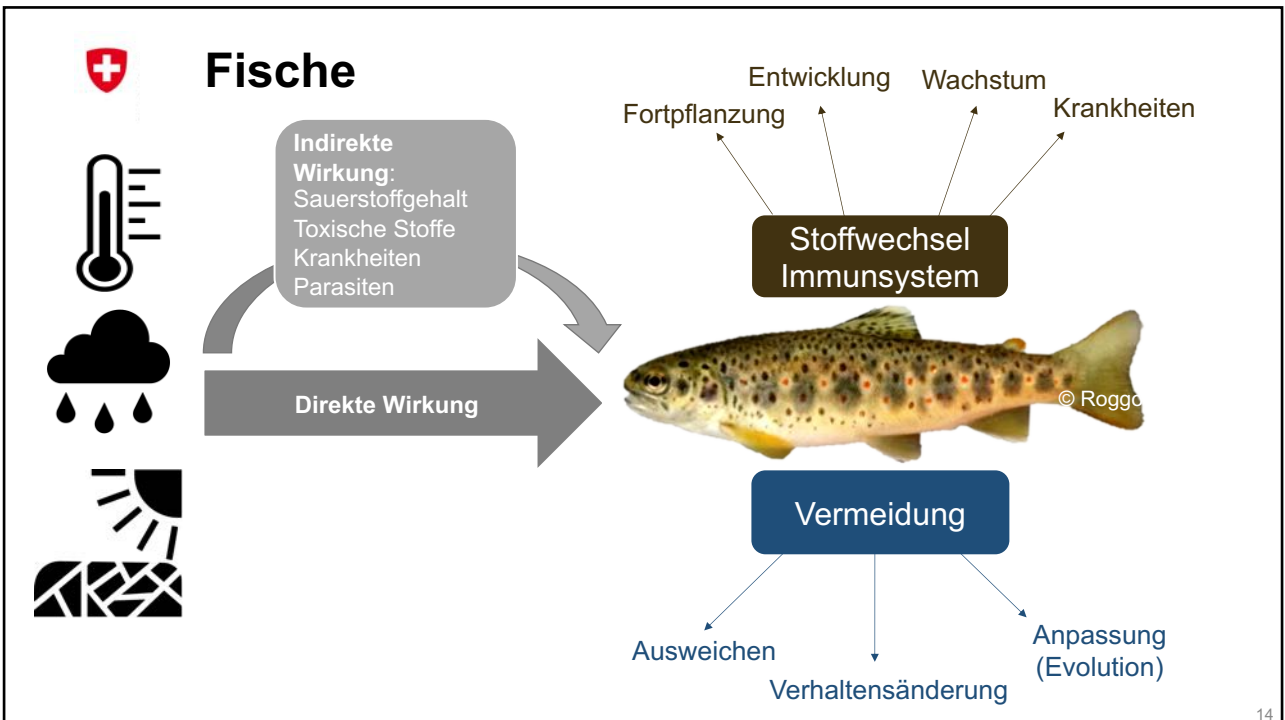


plecoptere.blogspot.com

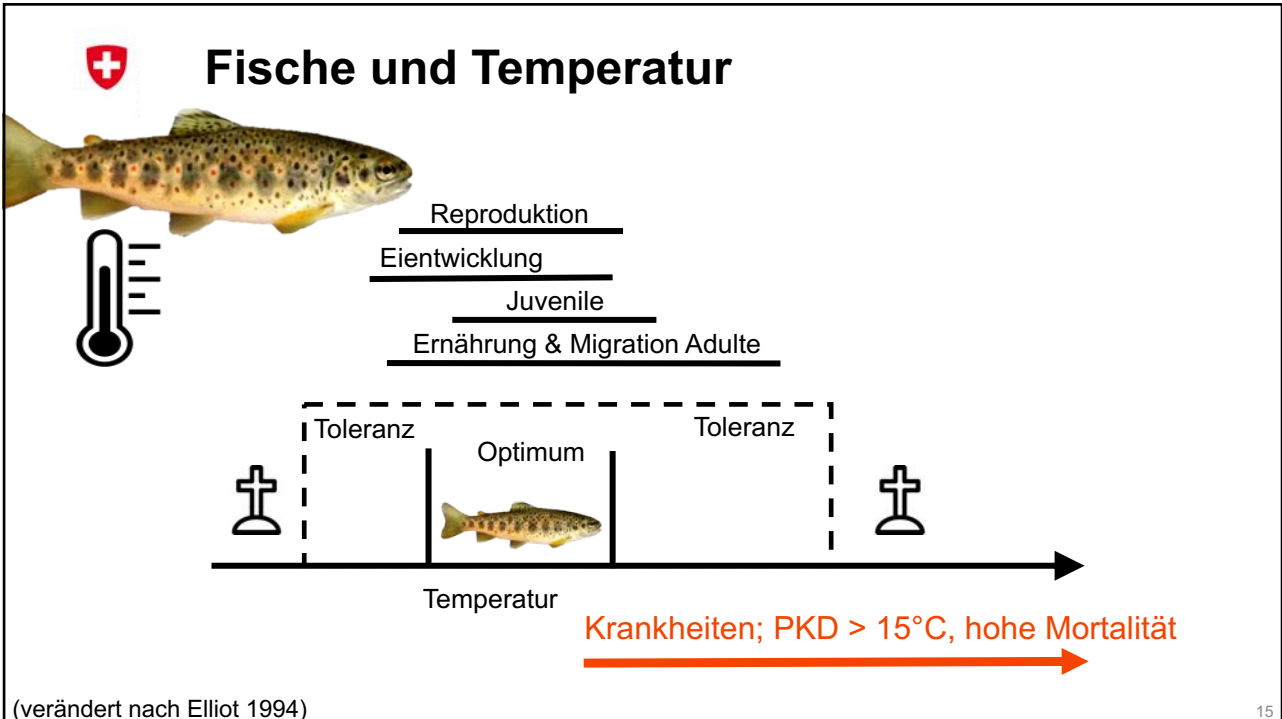
12



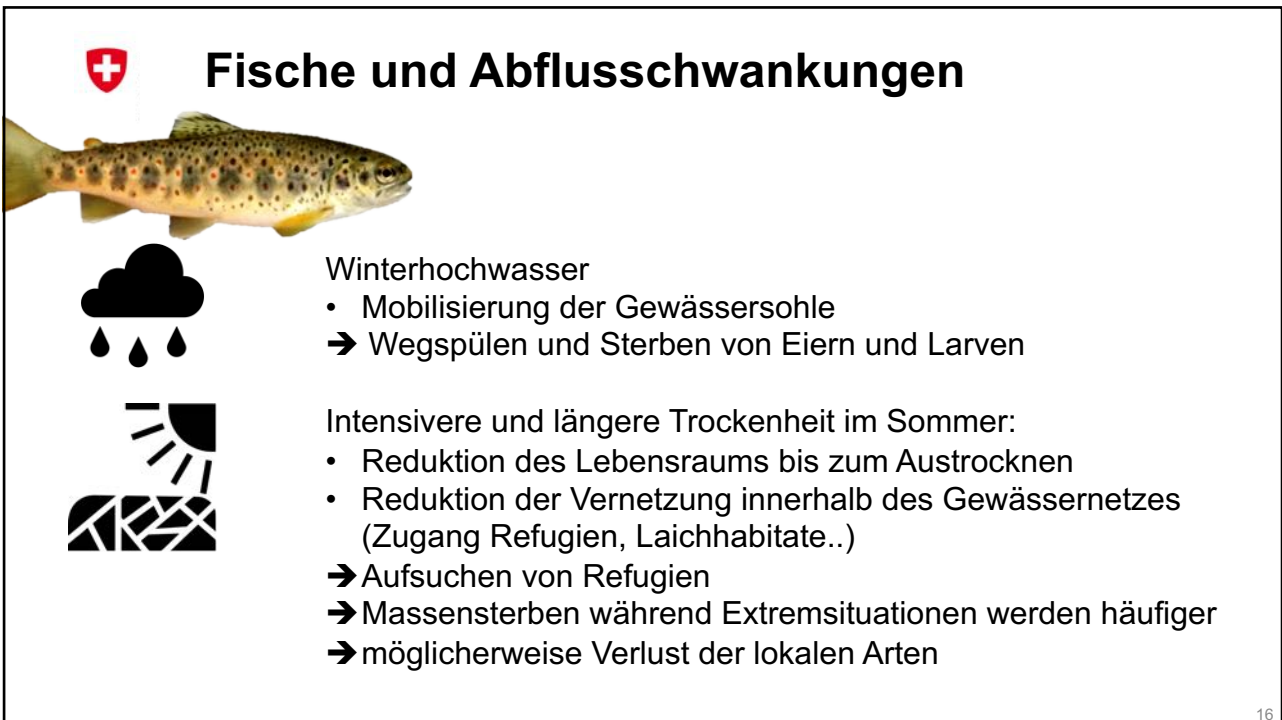
13



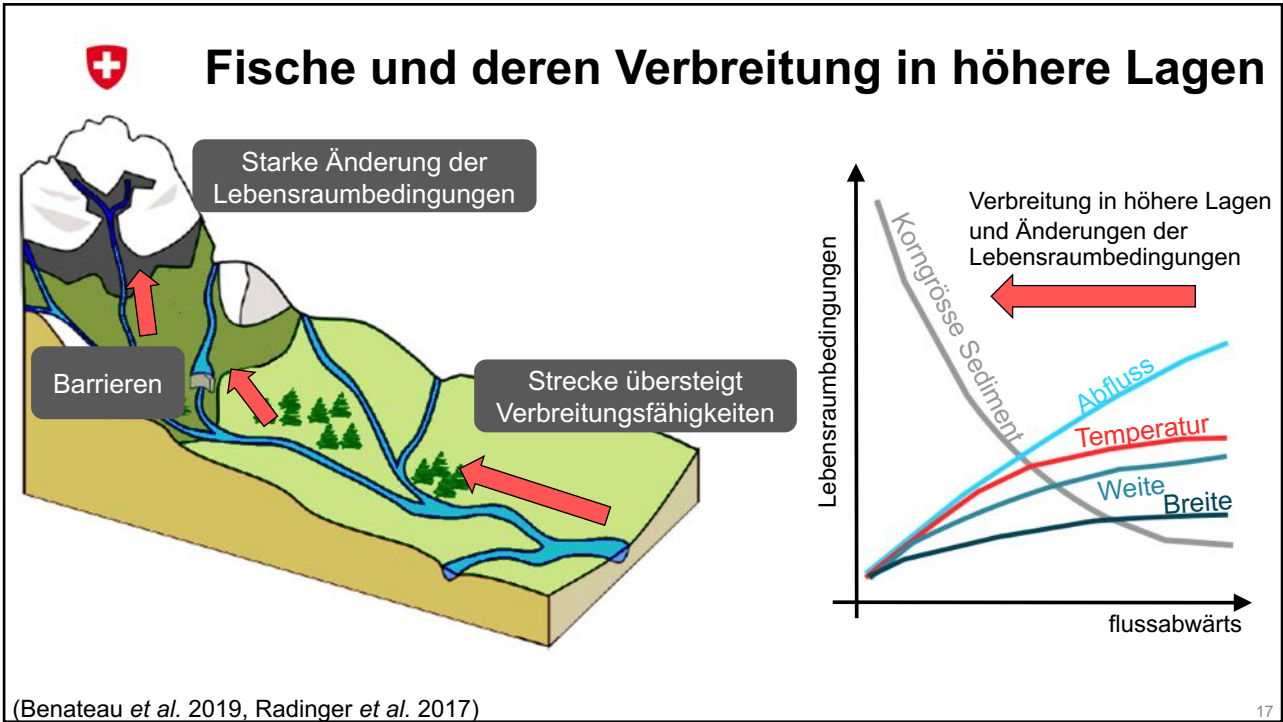
14



15



16



17

Strategien im Umgang mit Trockenheit

Resistenz

Mobilität (ins Gewässerbett)
Sporenbildung
Dauerstadien

Mobilität (ins Gewässerbett) terrestrische Stadien
terrestrische Stadien
lange terrestrische Phase
Hautatmung an der Luft
Dauerstadien von Eiern/Larven

Mobilität (Gewässerabschnitte)

Capnia bifrons: Austrocknungsresistenz in Larvenstadium
© Biopix: N Sloth

Zusammenstellung aus Bogan *et al.* 2014, Lange *et al.* 2014, 2015, Hotaling *et al.* 2017; Lennox *et al.* 2019

18

Strategien im Umgang mit Trockenheit

| | Resistenz <small>(ohne signifikanten Verlust von Individuen Störung zu widerstehen)</small> | Resilienz <small>(Wiederbesiedlung & schnelles Populationswachstum)</small> |
|--|--|---|
| | Mobilität (ins Gewässerbett) Sporenbildung Dauerstadien | Strukturen für passiven Transport kleine Arten schnelle Reproduktion |
| | Mobilität (ins Gewässerbett) terrestrische Stadien lange terrestrische Phase Hautatmung an der Luft Dauerstadien von Eiern/Larven | hohe Mobilität geflügelter Stadien kleine Arten mehrere Generationen pro Jahr grosse Anzahl Eier schnelle Entwicklungszeit |
| | Mobilität (Gewässerabschnitte) | hohe Mobilität kleine Arten schnelle Entwicklungszeit viele Nachkommen |

Zusammenstellung aus Bogan *et al.* 2014, Lange *et al.* 2014, 2015, Hotaling *et al.* 2017; Lennox *et al.* 2019

19

Strategien im Umgang mit Trockenheit

Resistenz

Resilienz

Aufsuchen
von
Refugien

Terrestrische
Stadien/
Dauerstadien

Mobilität

Schnelle
Reproduktion/
viele
Nachkommen

20

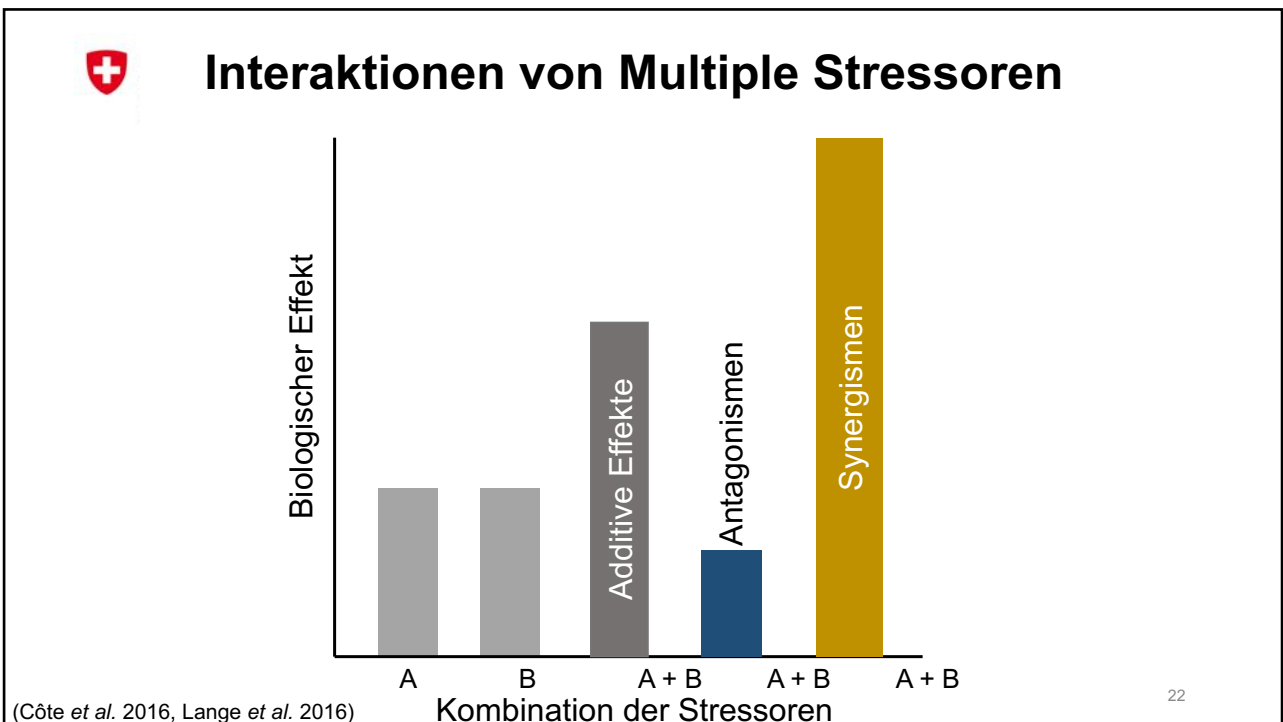
20

Organismen unter Druck. Multiple Stressoren

- > Abflussregime
- > Wassertemperatur
- > Verdünnungskapazität
- > Eintrag von Nährstoffen, Pestiziden
- > Einwanderung invasiver Arten
- > Qualität des Lebensraums
- > Vernetzung

(Dudgeon *et al.* 2006) 21 Icons by Adima

21



22

Fazit Auswirkungen Klimawandel

Rückgang Gletscher & Schneebedeckung
 Verlust Extremhabitate
 Homogenisierung des Lebensraums

23

23

Fazit Auswirkungen Klimawandel

Änderung des Abflussregimes:
 Winterhochwasser =
 Verlust der nächsten Generation
 Sommerniedrigwasser =
 Lebensraum schrumpft &
 Verlust Vernetzung (Zugang Refugien)
 Austrocknen und Massensterben

24

24



Fazit Auswirkungen Klimawandel




Temperaturerhöhung:
 Begünstigung von Krankheiten
 Verschiebung der Verbreitung in höhere Lagen
 Begünstigung von gebietsfremden Arten





25

25



Fazit Auswirkungen Klimawandel

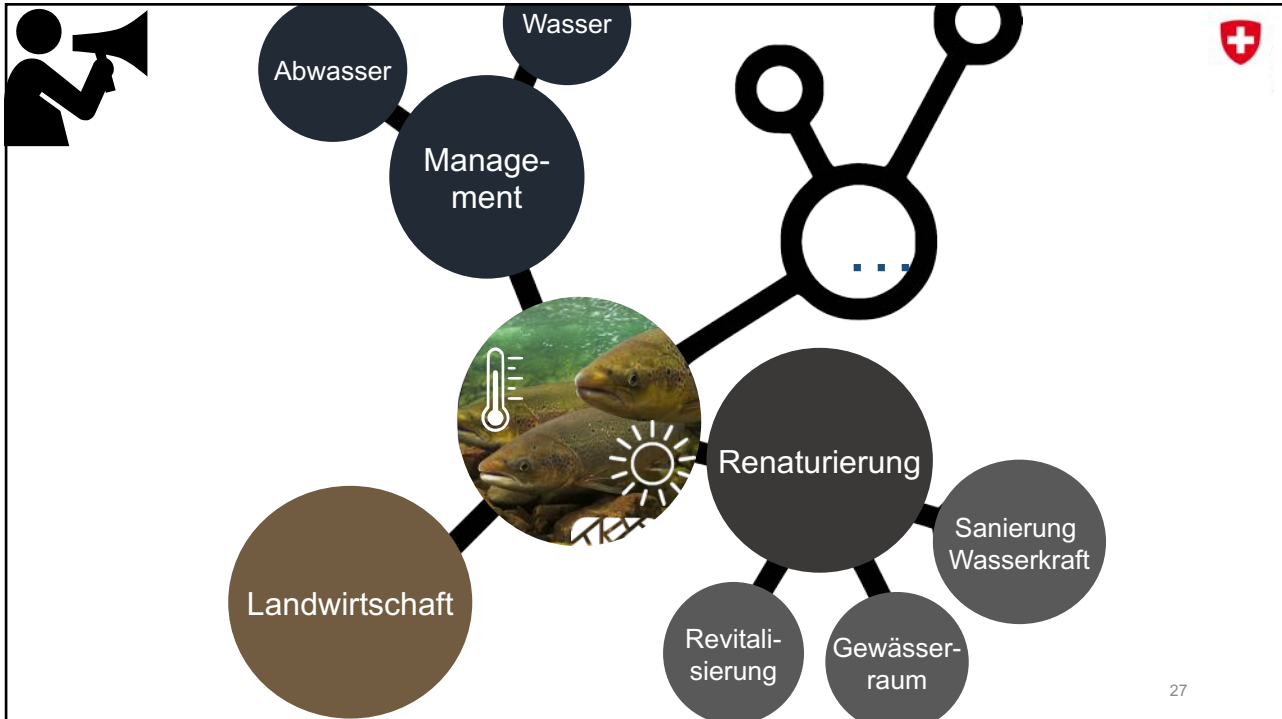
Verlierer
 Kältliebende Arten
 Spezialisierte Arten
 Lokale Arten

Gewinner
 Wärmeliebende Arten
 Tolerante Arten
 Generalisten
 Invasive Arten

Bedeutung Biodiversität
 Homogenisierung
 Fischsterben
 Verlust intraspezifischer Diversität
 Verlust von Arten
 Änderung Ökosystemleistungen

26

26



27



Referenzen

- Benateau S., Gaudard A., Stamm C. & Altermatt F. (2019). *Climate change and freshwater ecosystems: Impacts on water quality and ecological status*. Hydro-CH2018 Project. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland. 110 pp.
- Baxter, C. V., Fausch, K. D., & Saunders, W. C. (2005). Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology*, 50(2), 201-220.
- Bálint, M., Domisch, S., Engelhardt, C. H. M., Haase, P., Lehrian, S., Sauer, J., ... & Nowak, C. (2011). Cryptic biodiversity loss linked to global climate change. *Nature Climate Change*, 1(6), 313-318.
- Elliot J. M. (1994) *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press, USA, 17.02.1994 - 298 Seiten
- Radinger, J., Essl, F., Hölker, F., Horký, P., Slavík, O., & Wolter, C. (2017). The future distribution of river fish: the complex interplay of climate and land use changes, species dispersal and movement barriers. *Global Change Biology*, 23(11), 4970-4986.
- Bogan, M. T., Boersma, K. S., & Lytle, D. A. (2015). Resistance and resilience of invertebrate communities to seasonal and suprasedonal drought in arid-land headwater streams. *Freshwater Biology*, 60(12), 2547-2558.
- Lange, K., Townsend, C. R., & Matthaei, C. D. (2016). A trait-based framework for stream algal communities. *Ecology and Evolution*, 6(1), 23-36.
- Lange, K., Townsend, C. R., & Matthaei, C. D. (2014). Can biological traits of stream invertebrates help disentangle the effects of multiple stressors in an agricultural catchment?. *Freshwater Biology*, 59(12), 2431-2446.
- Hotelling, S., Finn, D. S., Joseph Giersch, J., Weisrock, D. W., & Jacobsen, D. (2017). Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biological Reviews*, 92(4), 2024-2045.
- Lennox, R. J., Crook, D. A., Moyle, P. B., Struthers, D. P., & Cooke, S. J. (2019). Toward a better understanding of freshwater fish responses to an increasingly drought-stricken world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29(1), 71-92.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., ... & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182.
- Côté, I. M., Darling, E. S., & Brown, C. J. (2016). Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1824), 20152592.
- Lange, K., Bruder, A., Matthaei, C. D., Brodersen, J., & Paterson, R. A. (2018). Multiple-stressor effects on freshwater fish: Importance of taxonomy and life stage. *Fish and fisheries*, 19(6), 974-983.

28

28