

Naturverlaichung, Aufwertung und Klimawandel

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

Universität für Bodenkultur Wien, Österreich (BOKU)

Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung (IWA)

31. Jänner 2026, Olden / Schweiz

„Der Feststoffhaushalt als essentielle Grundlage für eine nachhaltigen Naturverlaichung“

*„Herausforderung: Moderner integrativer Flussbau verlangt nach **eigendynamischer Gewässerentwicklung**. Aber in vielen Fällen, besonders in Siedlungsgebieten und intensiv genutzten Kulturlandschaften steht der dafür notwendige Entwicklungsraum nicht zur Verfügung.....“*

Gliederung

- ➔ Anforderungen der aquatische Organismen
- ➔ Randbedingung Feststoffhaushalt
- ➔ Randbedingung Feststoffhaushalt / Morphologie

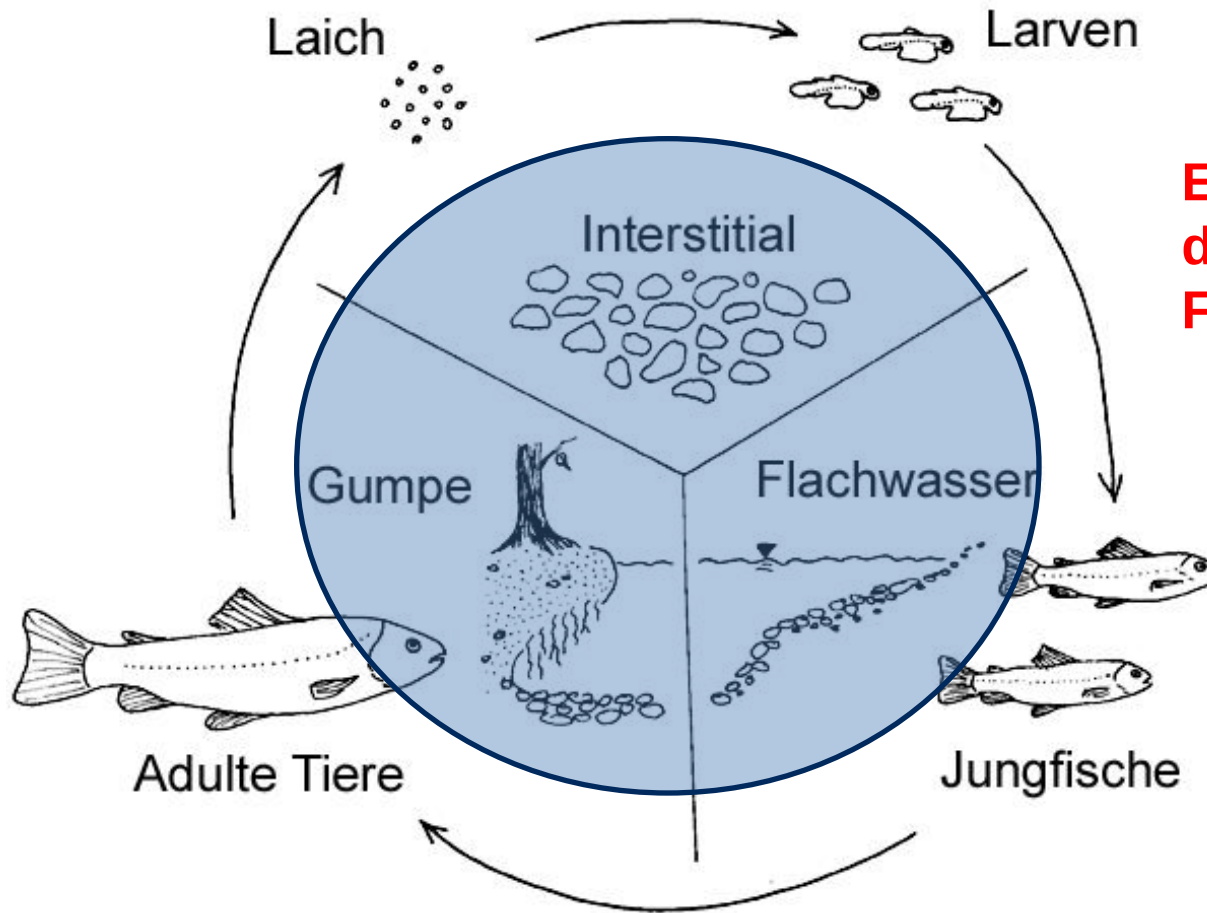
Wieviel Struktur / Dynamik braucht ein Gewässer?

Fallbeispiel Große Mühl / AT

„Störsteine“?

- ➔ Randbedingung Transportkapazität
- ➔ Künstliche vs. eigendynamische Strukturen
- ➔ Grenzen von „instream structures“
- ➔ Arbeiten CD-Labor Sedimentforschung und -management
- ➔ Zusammenfassung / Schlussfolgerungen

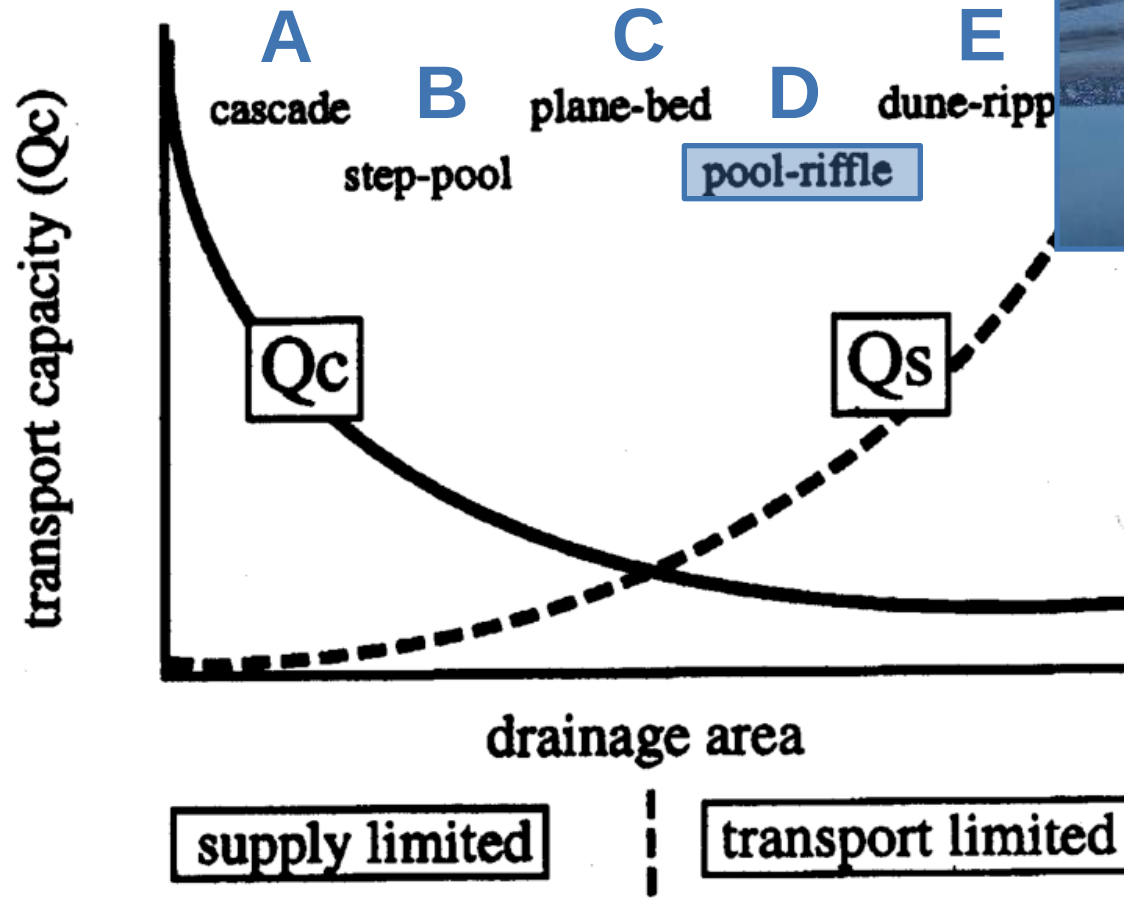
Anforderungen aquatische Organismen (Fische)



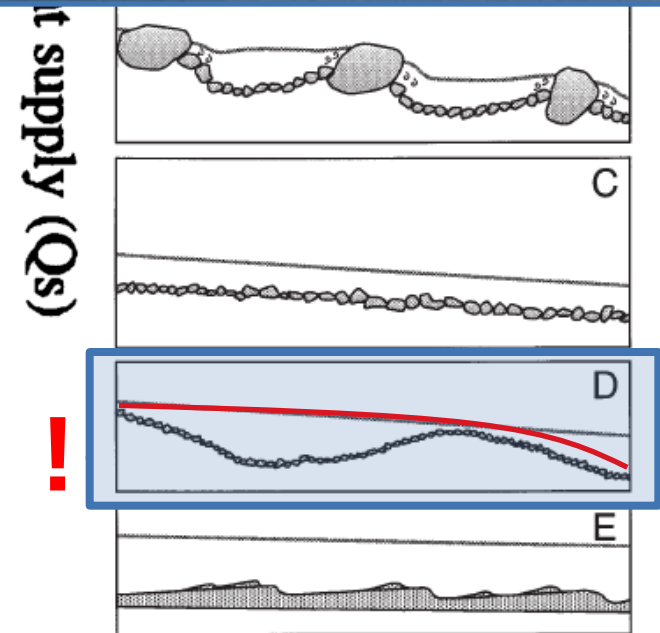
Evolution gemeinsam mit der Entwicklung unserer Flusslandschaften!

©Bostelmann, 2003

Randbedingungen Feststoffha



Lech

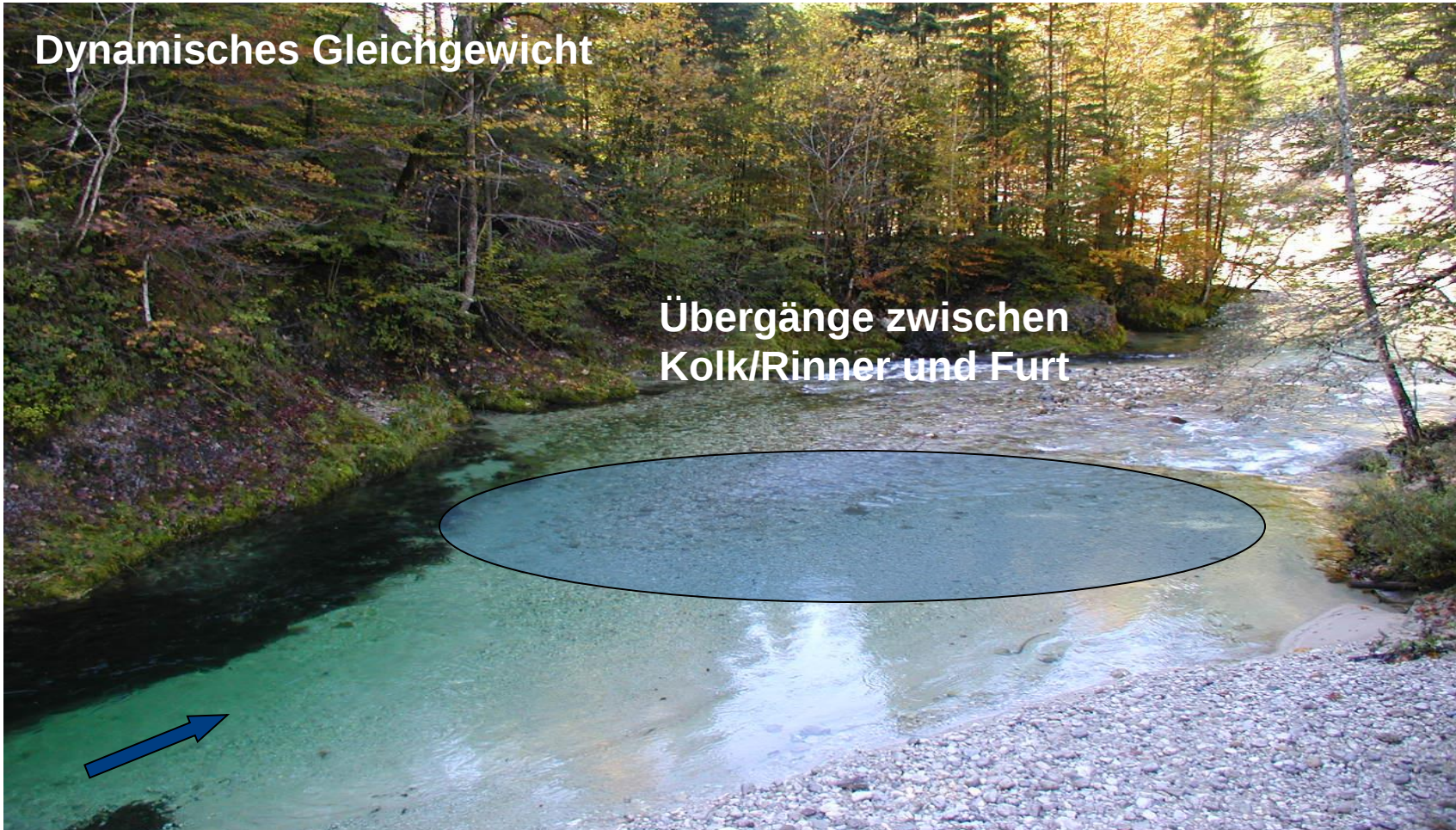


Montgomery & Buffington (1997)

Furt - Kolk Gewässertypen

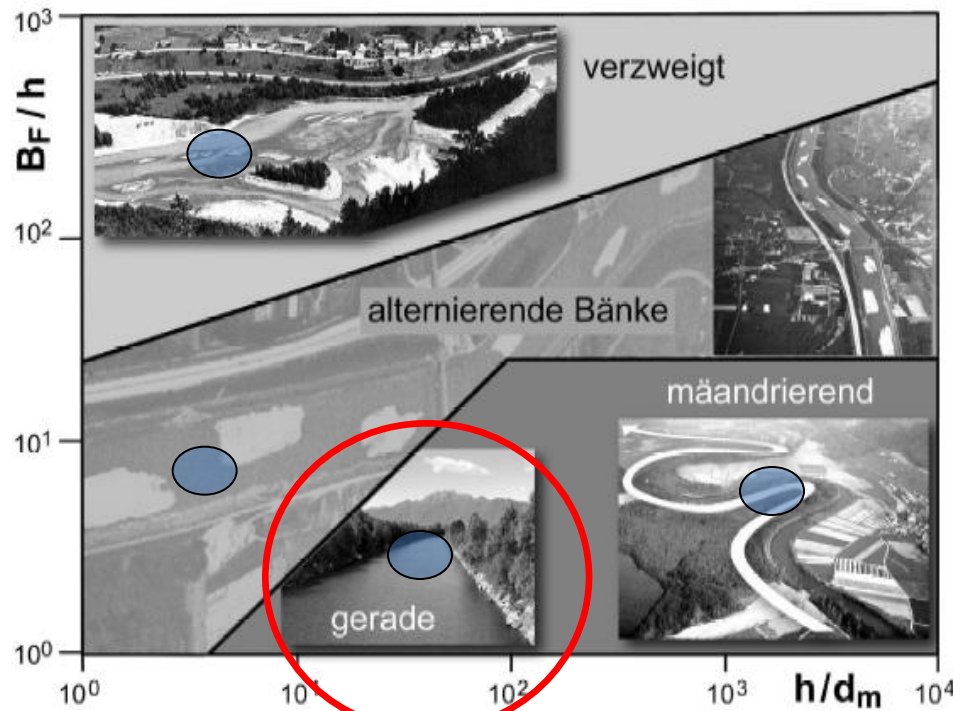
Dynamisches Gleichgewicht

Übergänge zwischen
Kolk/Rinner und Furt



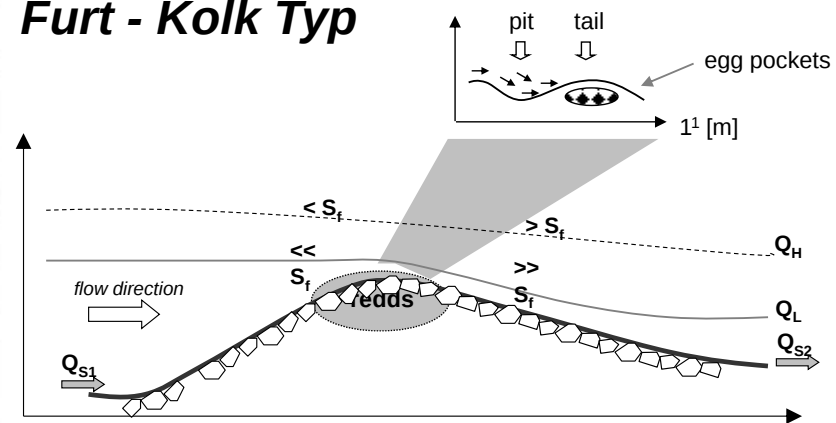
Morphologische Klassifizierung / „Key-habitats“

DaSilva Diagramm



„instream measures“

Furt - Kolk Typ

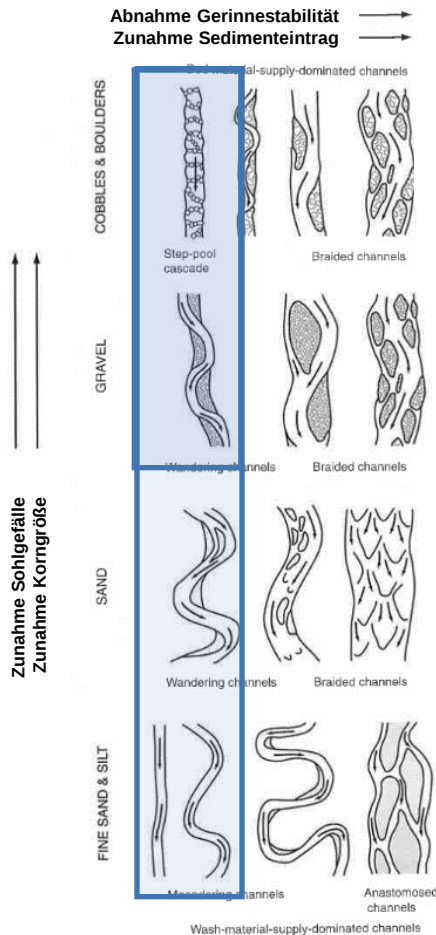


Hauer C., Unfer, G., Habersack, H., Pulg, U.,
Schnell, J. (2013) *Korrespondenz Wasserwirtschaft*

(modified by Marti & Bezzola, 2003)

Randbedingungen Feststoffhaushalt / Morphologie

➔ Orientierung an flussmorphologischen Rahmenbedingungen

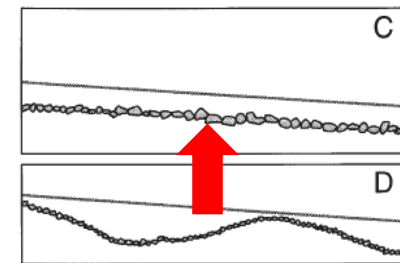


- Feststoffdefizit
- alpine Flüsse

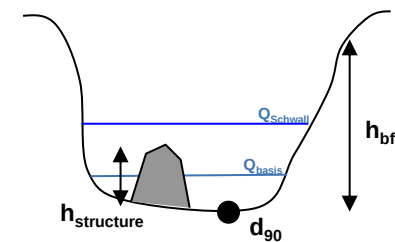
Längenschnitt

Flachbett
(strukturarm, abgeplastert)

Furt – Kolk
(strukturiert, tlw. Sohlumlagerung möglich)



- hydr. Habitat bildend
- strukturbildend



Verhältnis $d_{90} / h_{\text{structure}}$ h_{bf}

HQ₃₀ / HQ₁₀₀

Church, (1992)

Wieviel Struktur / Dynamik braucht ein Gewässer?



Bestandserhebung Gr. Mühl

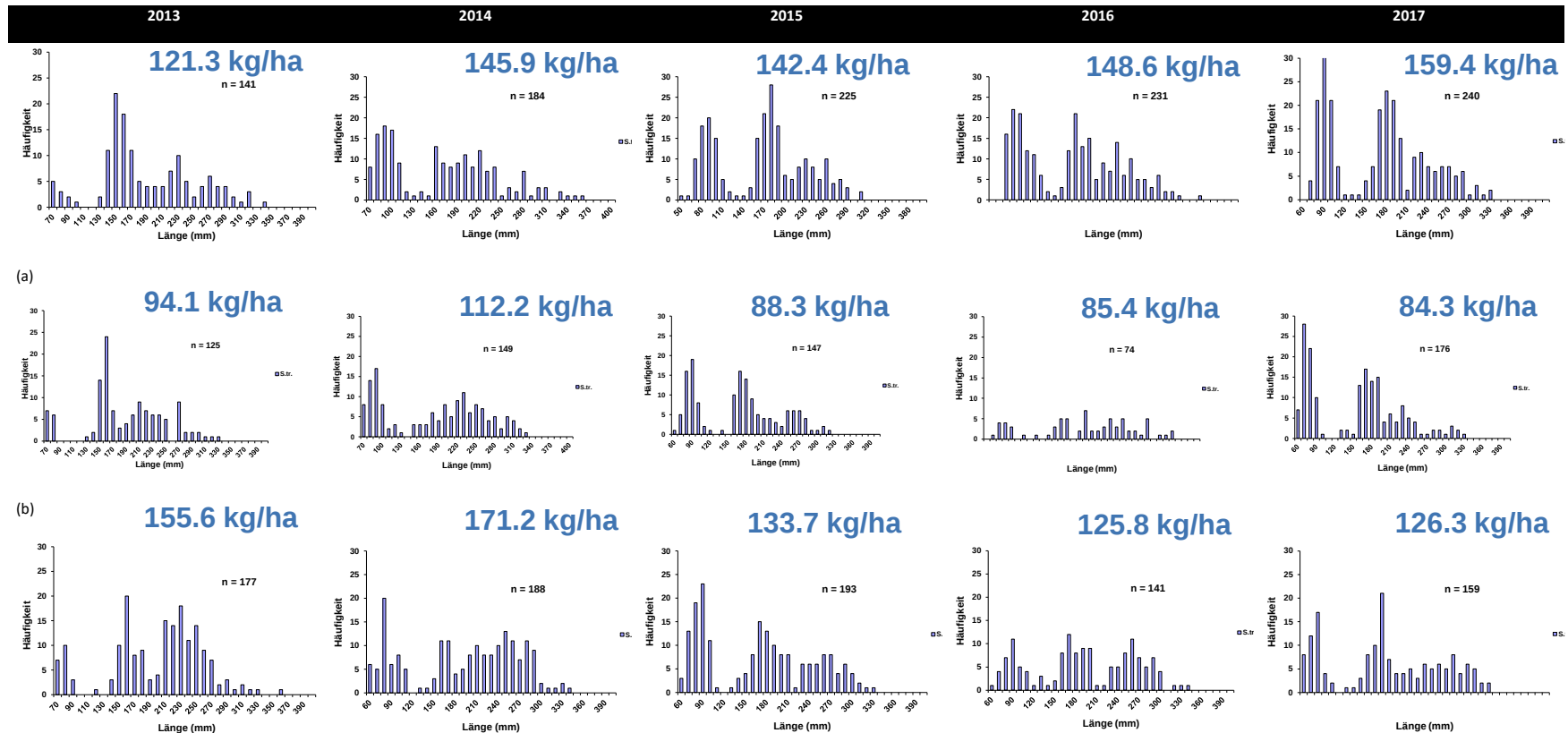
➔ Methodik und Untersuchungsgebiet



Abbildung 9. (a) Elektrofischung, watend im Abschnitt flussauf der Freibadanlage Aigen, (b) Einrichtung einer flussauf gelegenen Absperrung (Netz) in der Untersuchungsstrecke flussauf der Kläranlage Ulrichsberg, (c) Halterung zur Aufbewahrung der Fische des ersten Befischungsdurchgangs einer Strecke (DeLury-Methode), (d) Messung der Fischlänge einer gefangenen Bachforelle.

Entwicklung Bachforellenpopulation (2013 – 2017)

➔ Vergleich Elektrofischungen

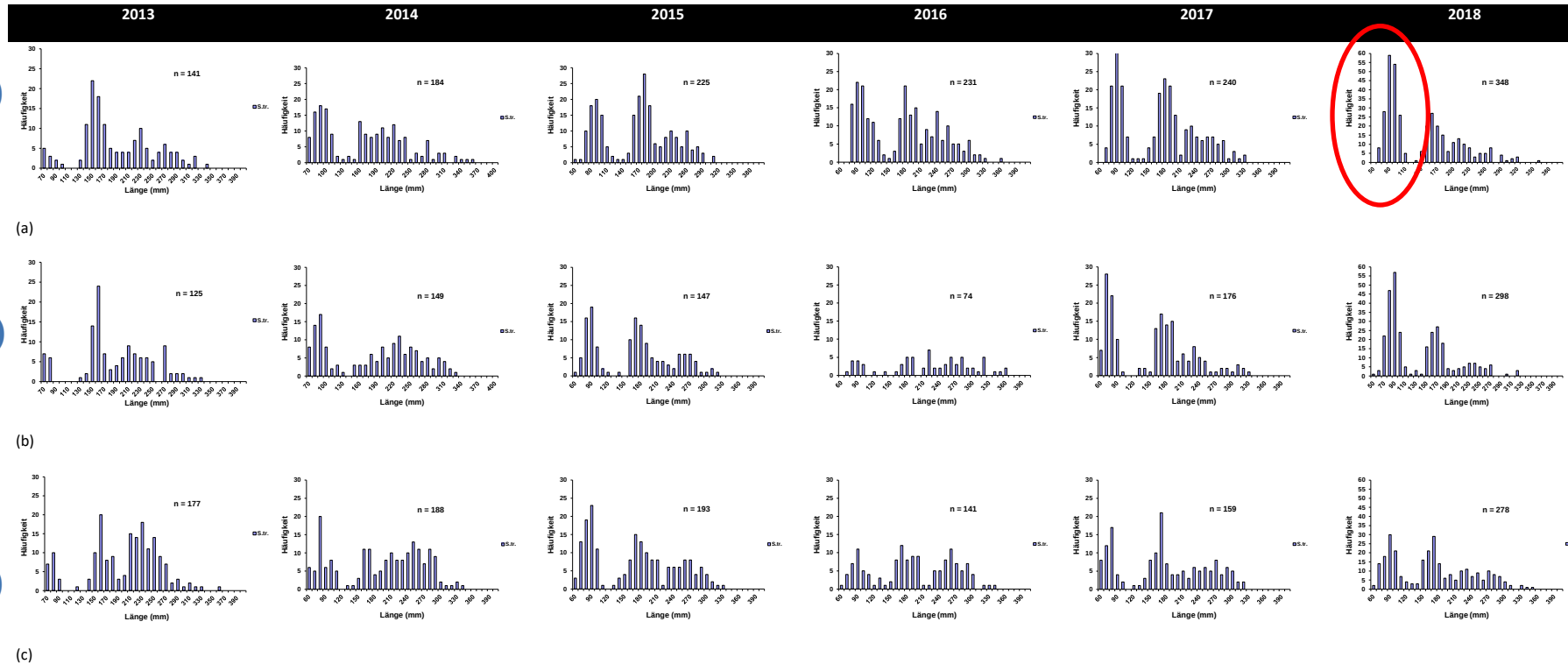


(c)

➔ *stabiler und guter Altersaufbau*

Entwicklung Bachforellenpopulation (2013 – 2018)

➔ Vergleich Elektrofischungen



➔ 2018 außergewöhnliches Jahr in Bezug auf Reproduktion

➔ Vergleich 2017 / 2018: geringe Zunahme Biomasse

„Versandungs“-problematik

Makrozoobenthos

Referenz



versandeter Abschnitt



80 – 90% Rückgang in MZB-Biomasse

„Versandungs“-problematik

- zu hohe Dynamik ökologisch problematisch



Vltava / CZ

„Versandungs“-problematik

Untersuchungsgebiet Gr. Mühl (AT)

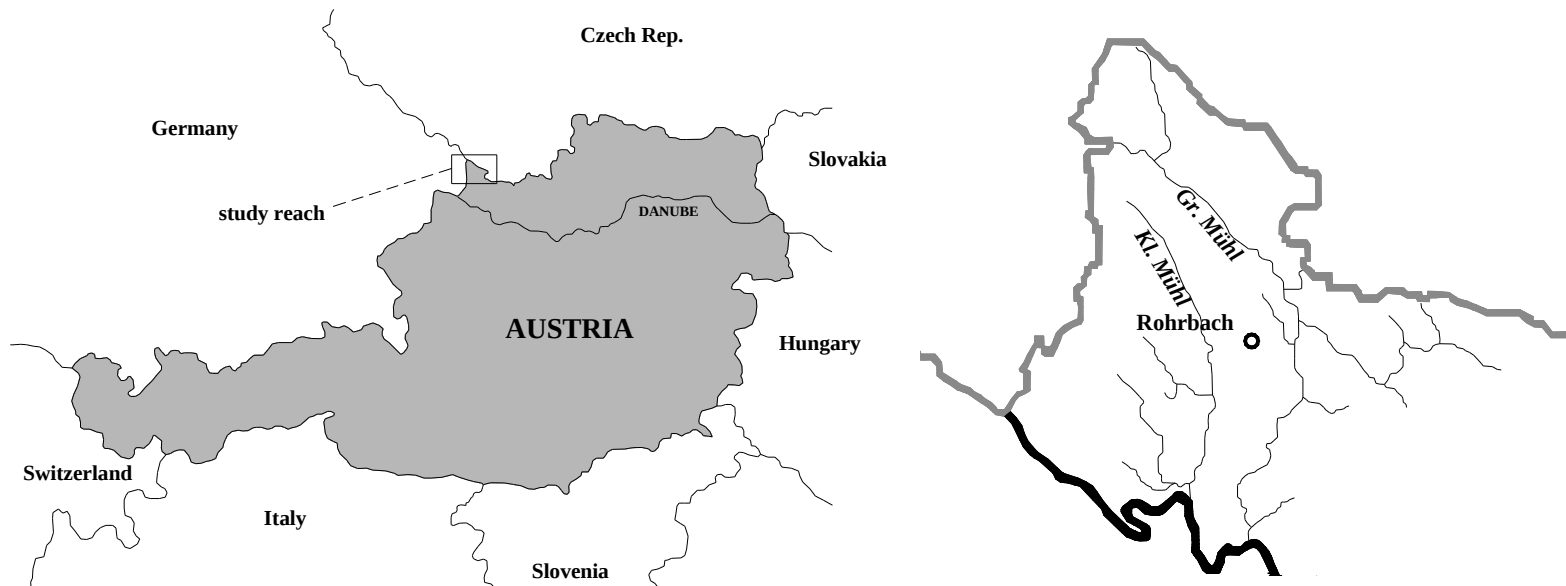
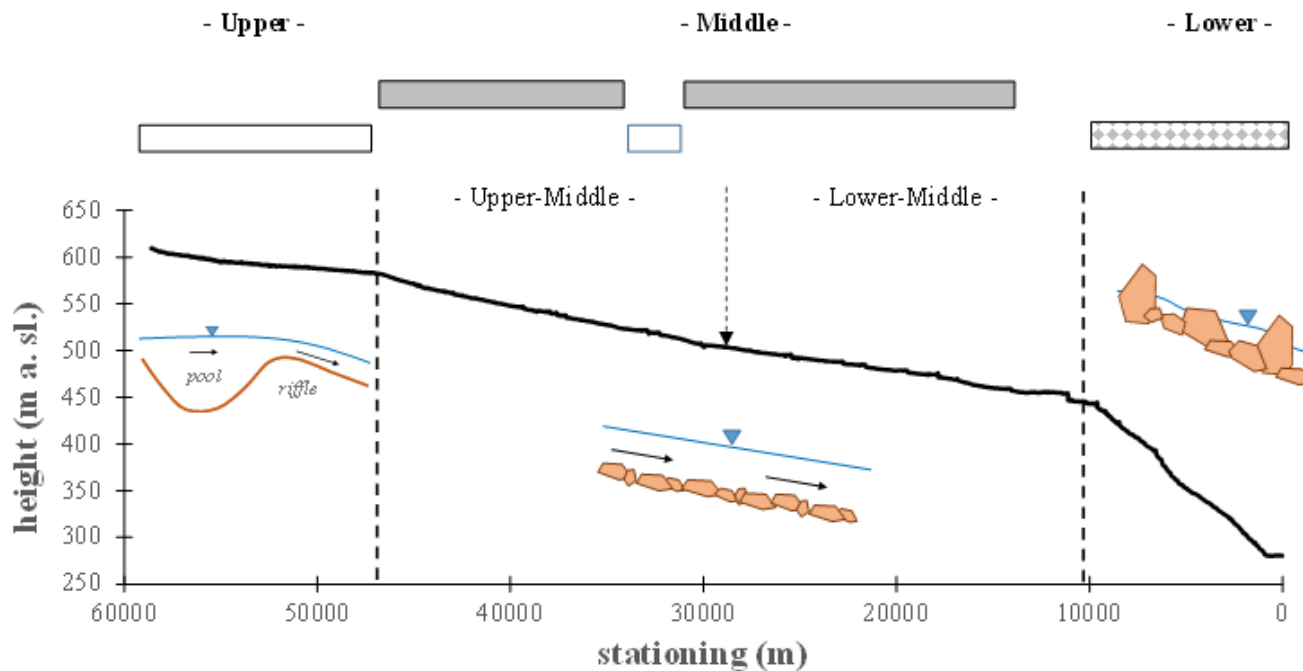


Figure Maps of the Große Mühl River catchment in Upper Austria close to German and Czech Republic border.

Bsp. Große Mühl / AT

Untersuchungsgebiet Gr. Mühl (AT)



Bsp. Große Mühl / AT

Untersuchungsgebiet Gr. Mühl (AT)

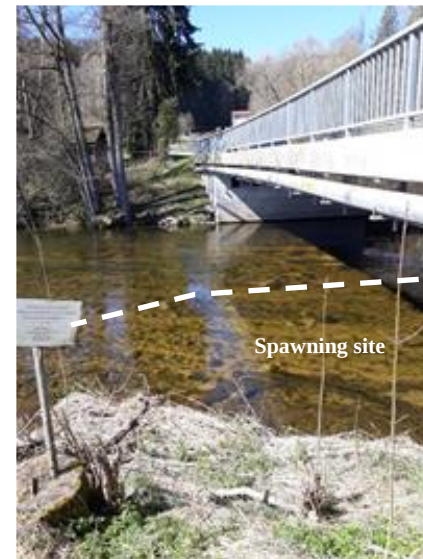


Figure Study area of the Gr. Mühl river (N48°38'25.82" / E13°57'29.33"); investigated spawning site highlighted by dashed white line, (c) picture of the studied grayling spawning habitat at the Gr. Mühl river - delimited by white dashed line.

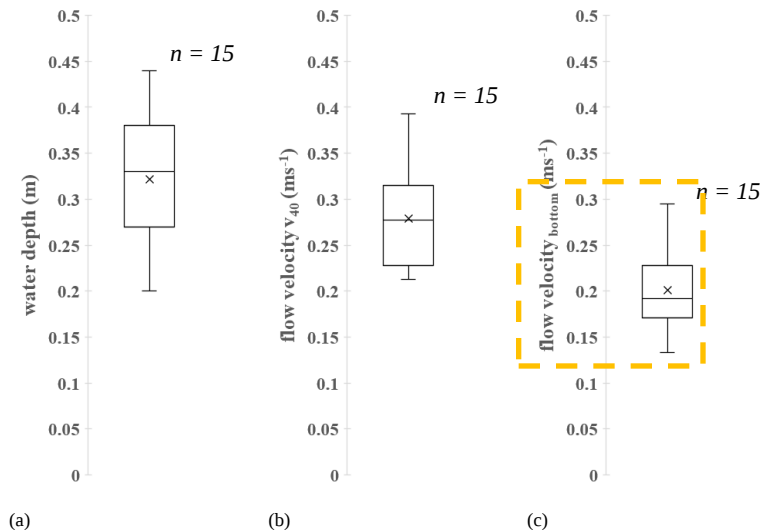
Äsche – Laichplatz Eigenschaften

VIDEO

Bsp. Große Mühl / AT

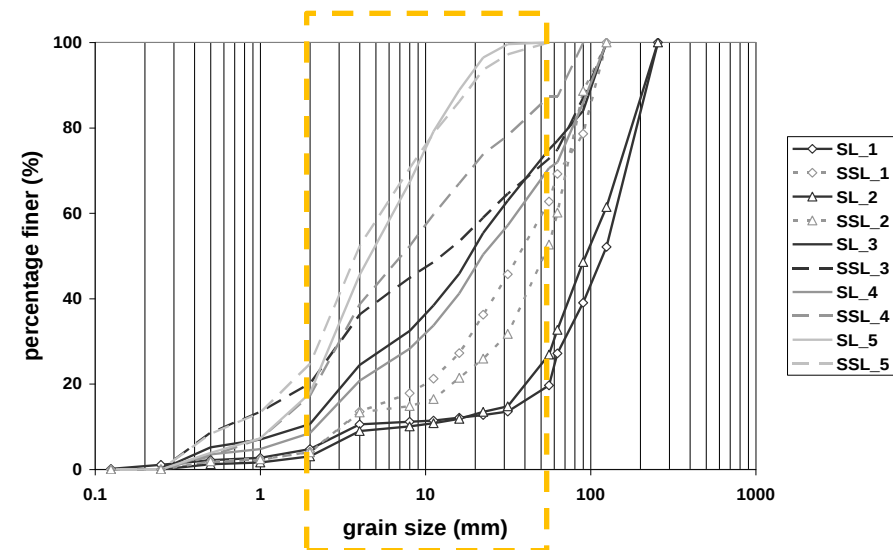
Äsche – Laichplatz Eigenschaften

Hydraulik



Hauer & Unfer (2021) *River Research and Applications*, 37(6), 900-906.

Sedimente



Hauer et al. (2011) *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(5), 672-685.

Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplatz Monitoring (2021)

Laichaktivität war in einer drei-wöchigen Periode immer nur Nachmittags!

Hauer & Unfer (2021) *River Research and Applications*, 37(6), 900-906.



■ = frequency grayling; passive, without spawning activity
 ■ = frequency grayling; spawning activity

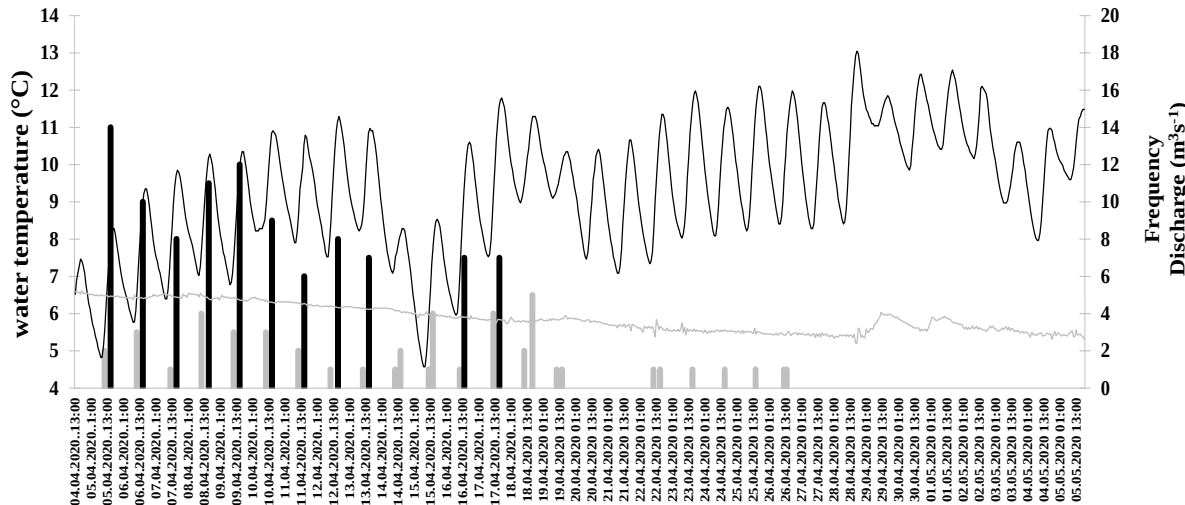


Figure. Time dependent development of the water temperature (black line) and the number and/or activity of graylings in the defined spawning habitat; grey solid line = discharges on an hourly basis at gauging station Furthmühle (48°36' 14''/14°01' 08'').

Bsp. Große Mühl / AT

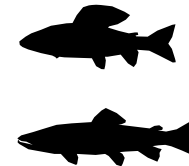
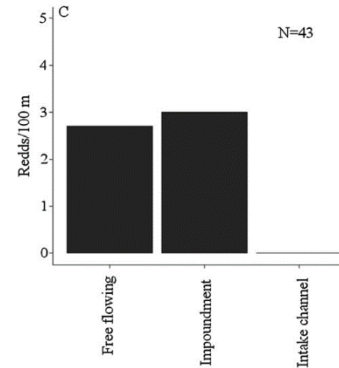
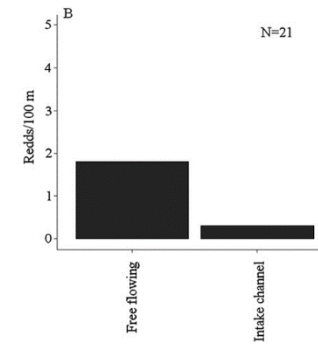
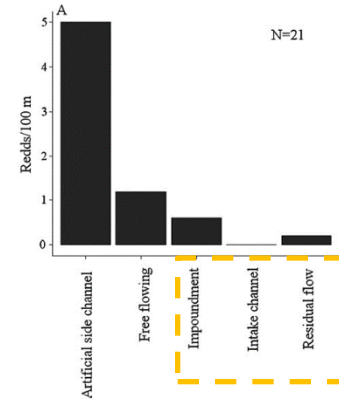
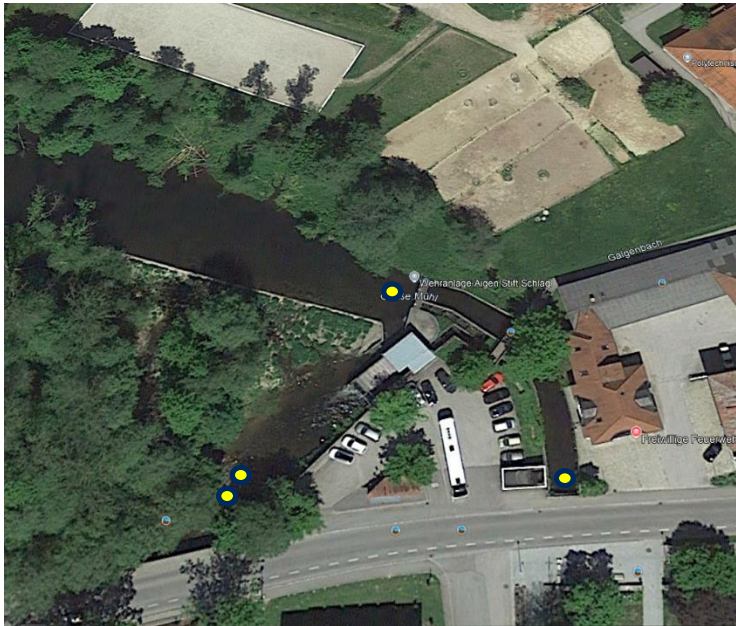
Äsche – Laichplatz Monitoring (2021)

VIDEO

Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplätze

- Laichhabitate / Kleinwasserkraft (AT)

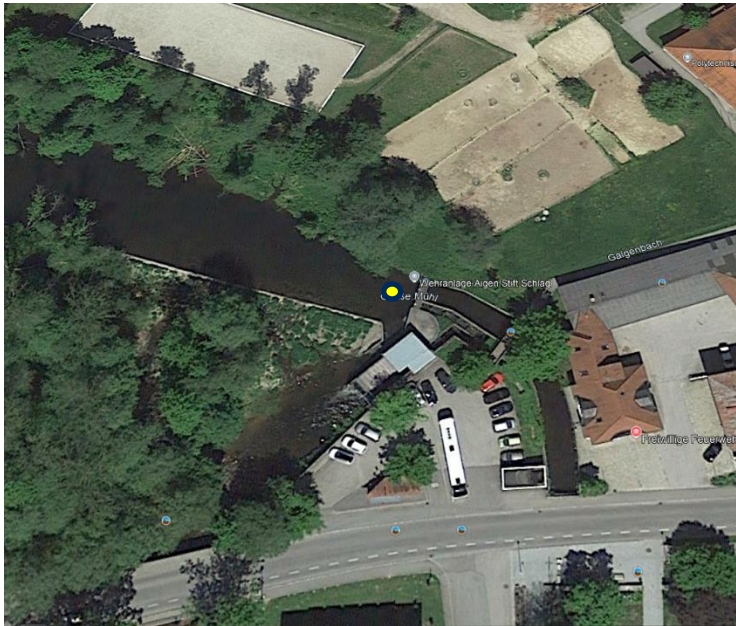


Obruca & Hauer (2016) *River research and applications*, 32, 1989-1995.

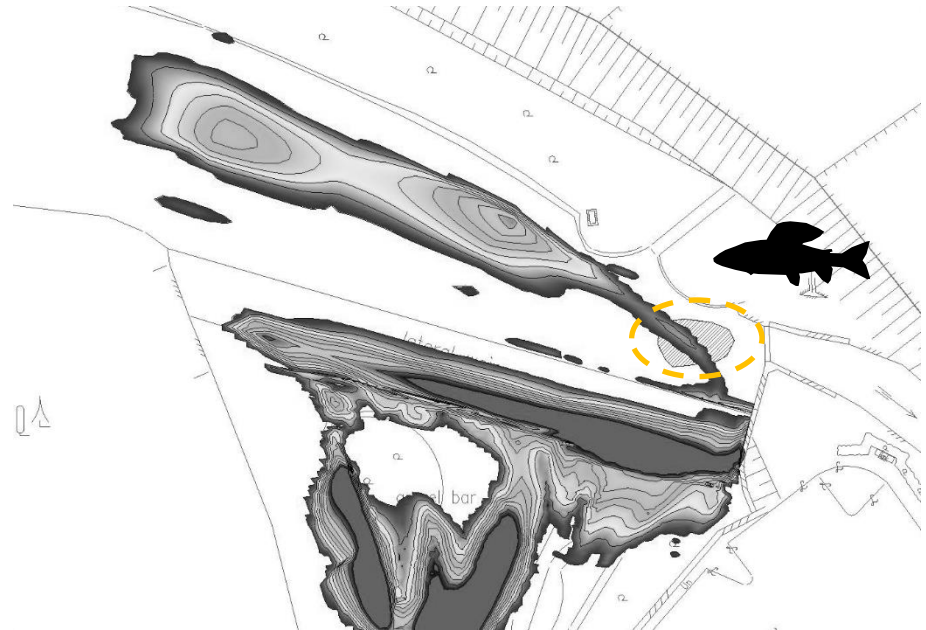
Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplätze

- Laichhabitate / Kleinwasserkraft (AT)



Transport von Laichkies ($d_m = 16 \text{ mm}$) in Bezug zu einem stationären Abfluss ($94.9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$)



Hauer et al. (2011) *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(5), 672-685.

Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplatz Restaurierung

- Laichplatz - Pflege



(a)

(b)



(c)

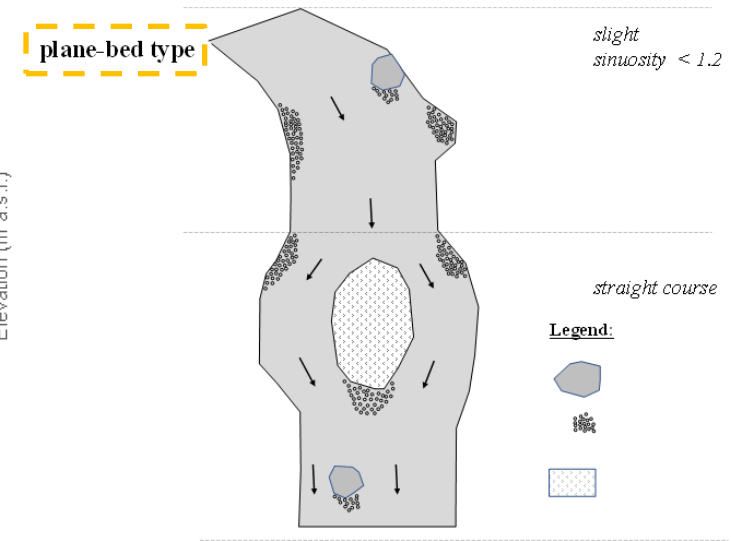
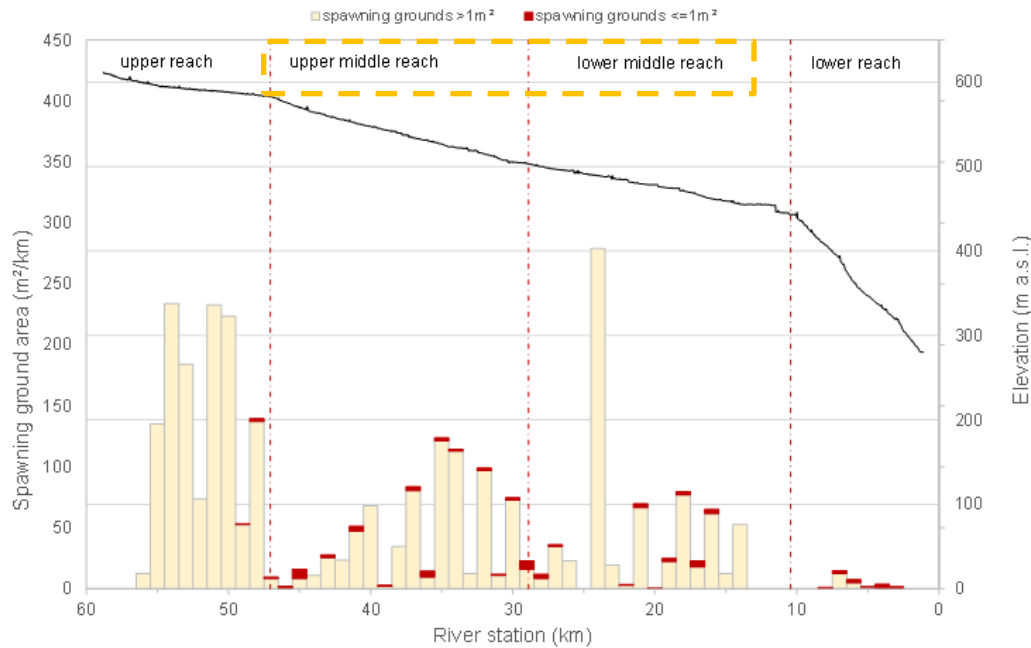
(d)

- künstliche Zugabe



Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplatz Restaurierung



Hauer et al. (2025) *River Research and Applications*, accepted paper

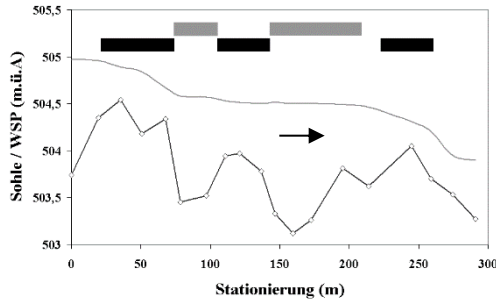
■ < 1 m²



Bsp. Große Mühl / AT

Äsche – Laichplatz Restaurierung

Furt-Ko

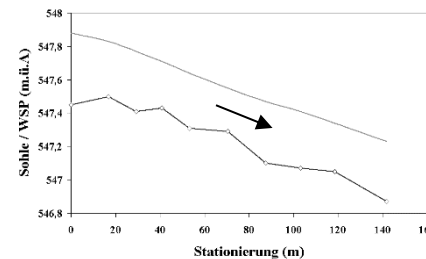
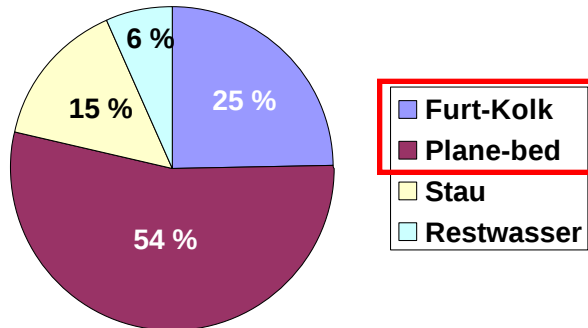


„Mylonite“

Flachbet



Hydromorphologie Gr. Mühl

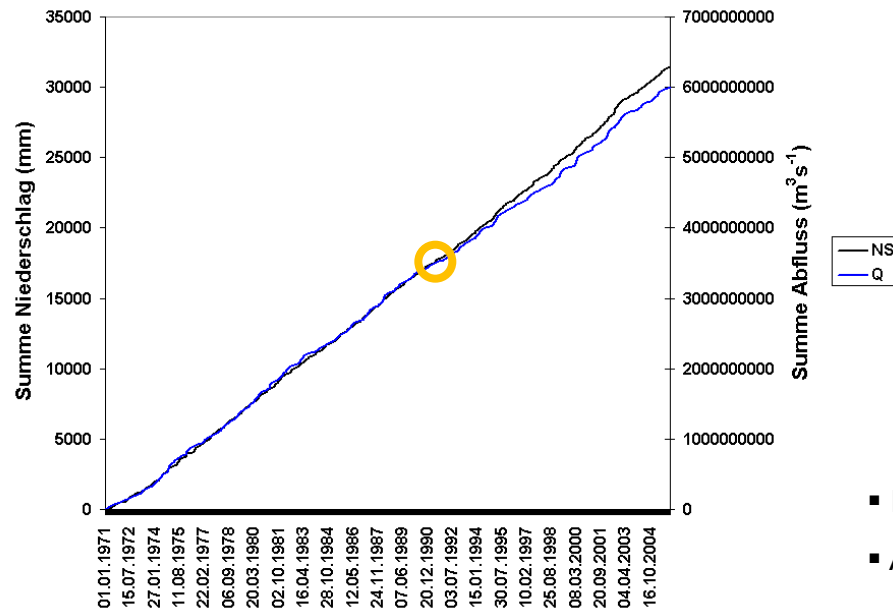


Bsp. Große Mühl / AT

Auswirkungen Globale Erwärmung

Untersuchungsgebiet Gr. Mühl

⇒ Veränderungen in P/Q seit 1990

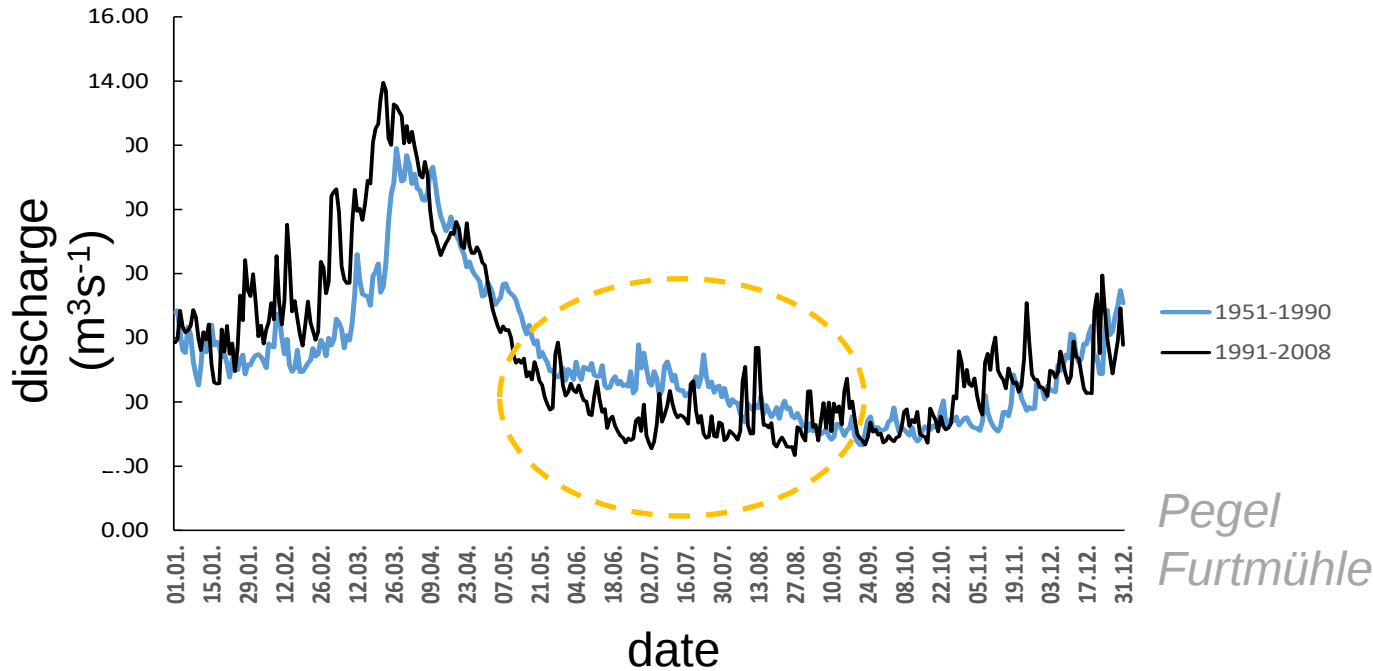


- Niederschlag (station Schlägl)
- Abfluss (gauge Furtmühle)

Bsp. Große Mühl / AT

Auswirkungen Globale Erwärmung

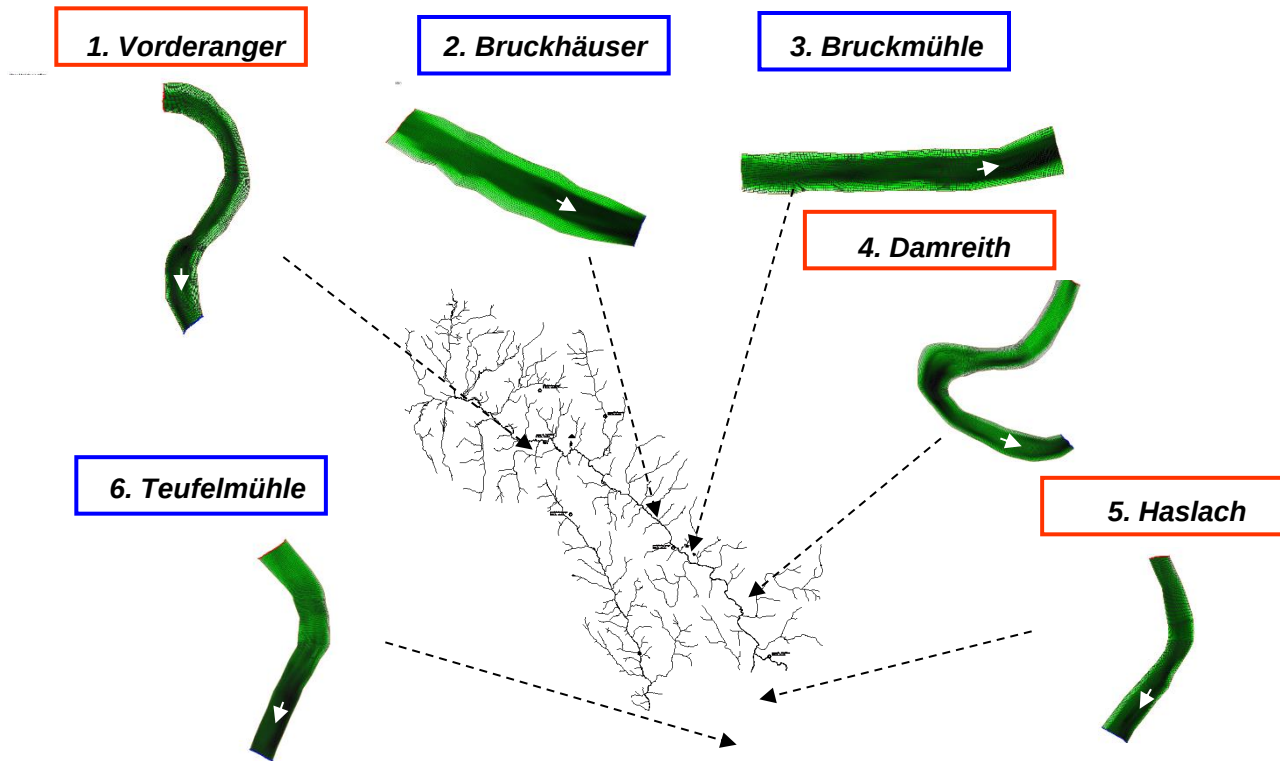
- Abnahme des Abflusses seit 1990 für spätes Frühjahr / Sommer



Bsp. Große Mühl / AT

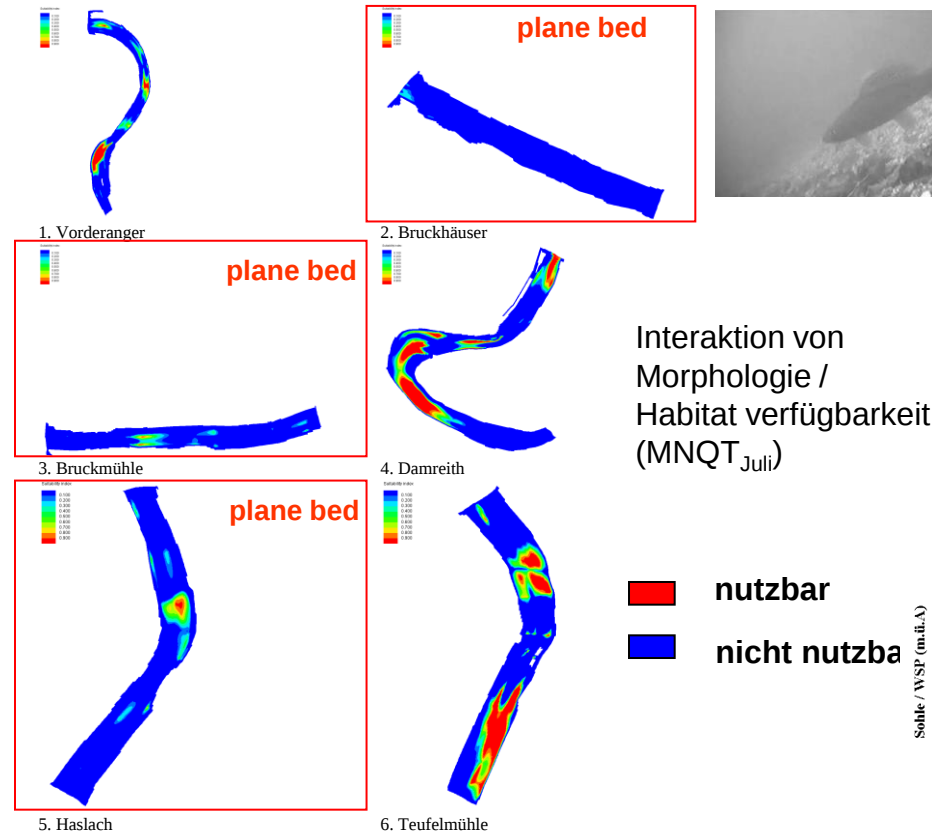
Klimawandel / Flussmorphologie

- Vergleich Furt/Kolk und Flachbett-Strecken



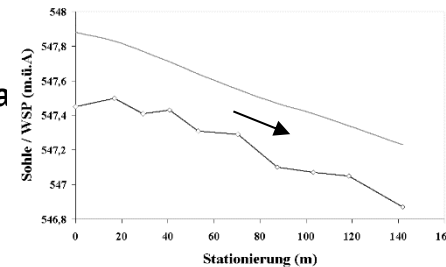
Bsp. Große Mühle / AT

Klimawandel / Flussmorphologie



Hauer *et al.* (2013) *Climatic Change*, 116, 827-850.

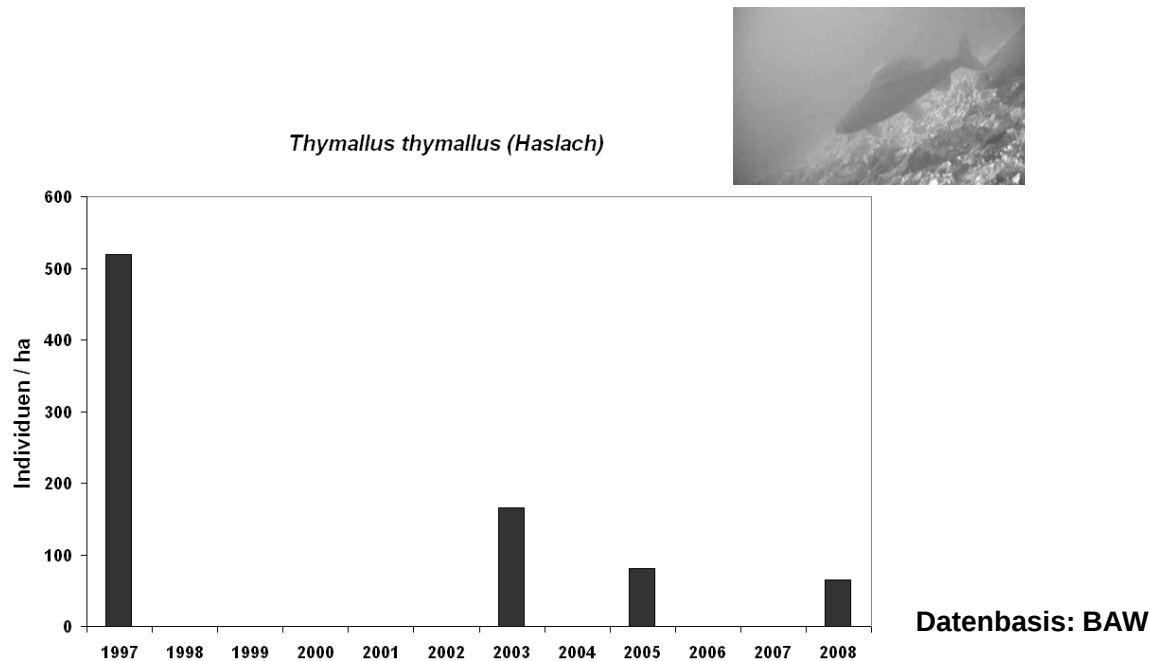
Abschnitt 2: Bruckhäuser



Wassertiefe limitierend!

Bsp. Große Mühl / AT

Klimawandel / Flussmorphologie



„Carrying Capacity“ $\Rightarrow$

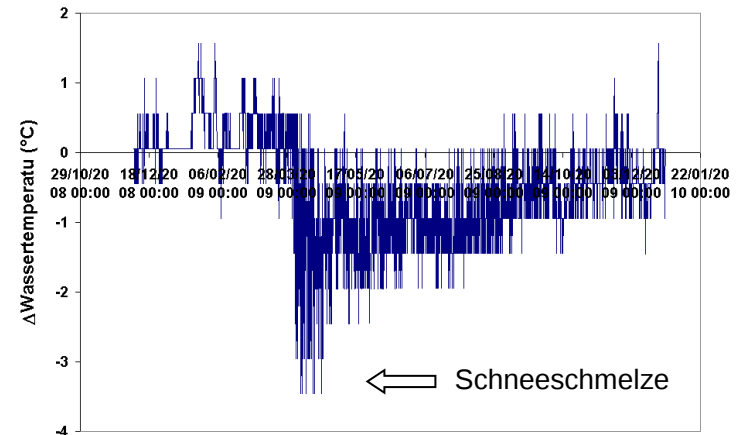
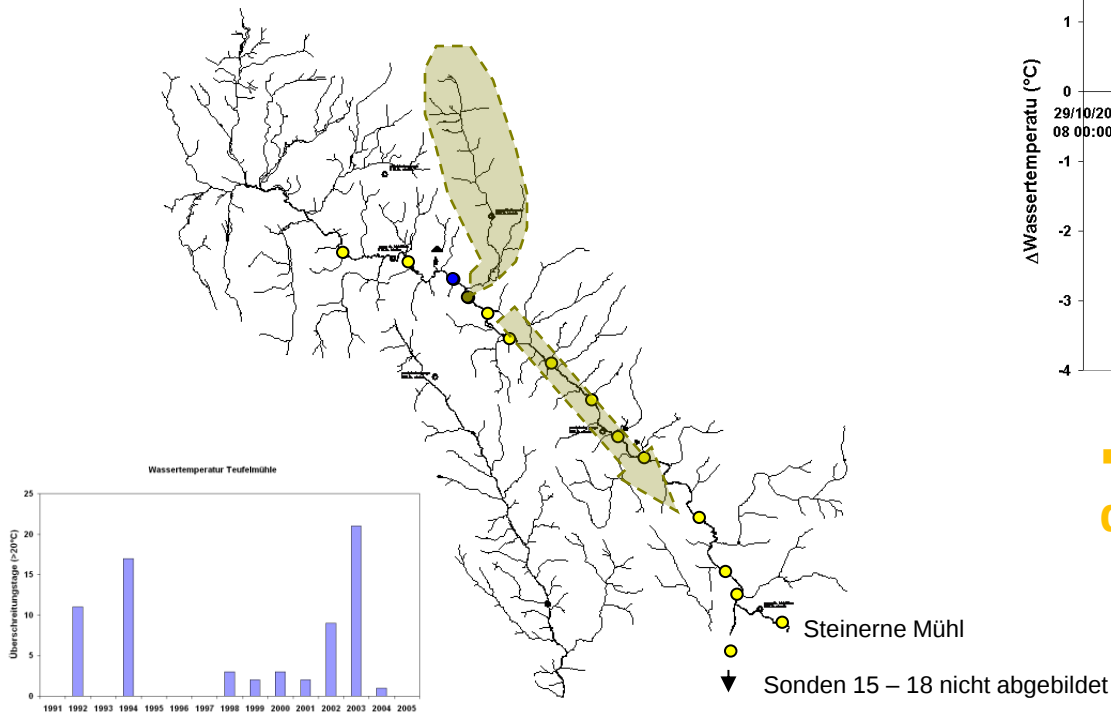
Rincón & Lobón-Cerviá (2002): Beispiel einer sich selbst ausdünnenden Bachforellenpopulation bei einer Limitierung des Habitattyps **Pool**

Bsp. Große Mühl / AT

„Living Treasures“

- Monitoring Wassertemperatur (2008 – 2010)

- 18 temperature sensors (range: 2 h)

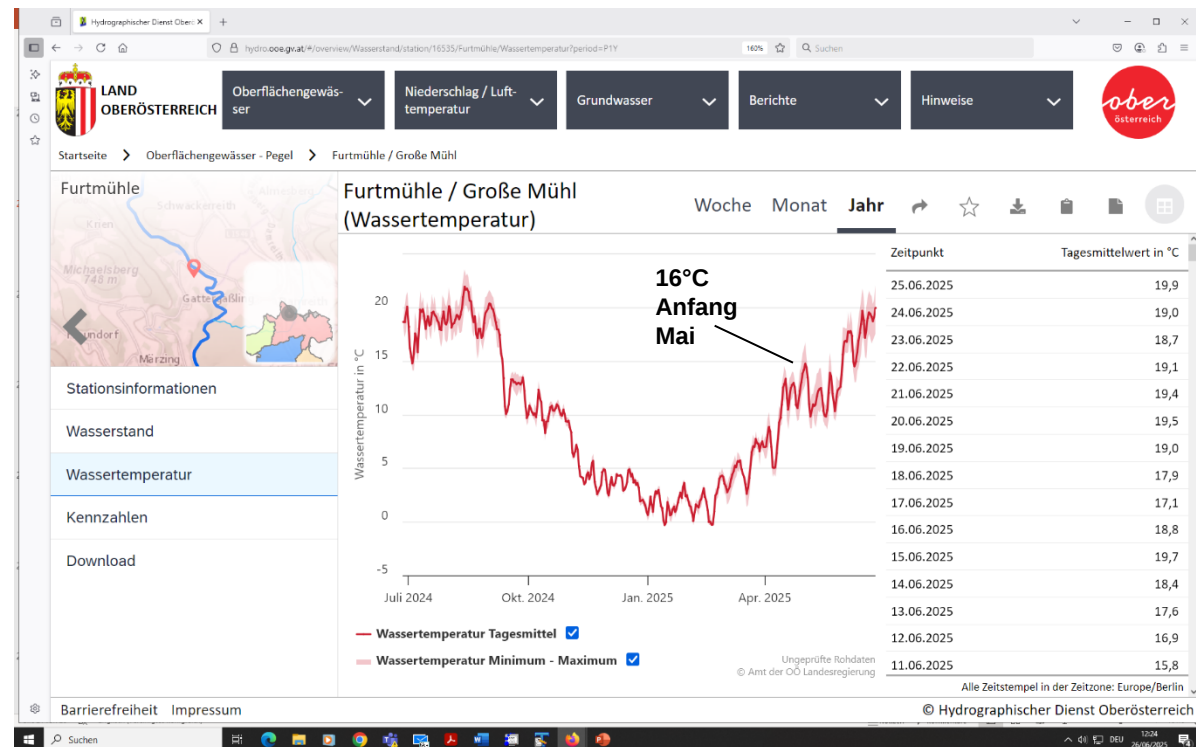
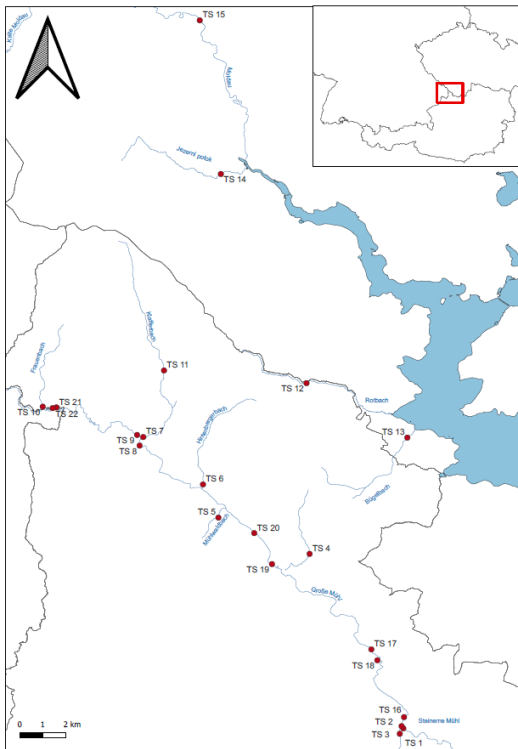


- weitreichend Abkühlung durch den Klafferbach

Bsp. Große Mühle / AT

„Living Treasures“

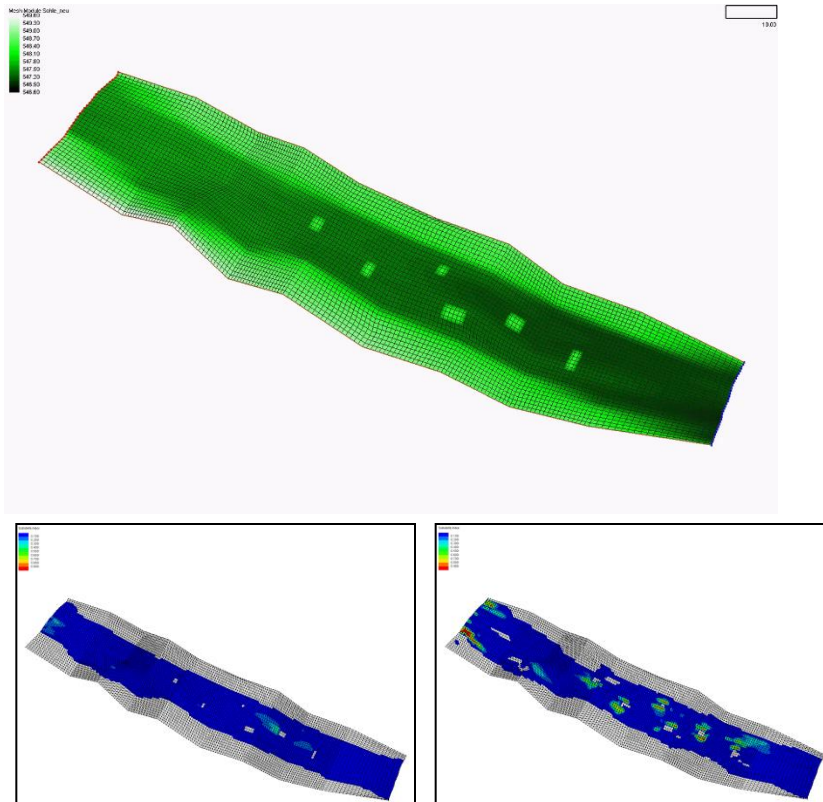
- Monitoring Wassertemperatur (2025 – 2028)



Bsp. Große Mühl / AT

„Living Treasures“

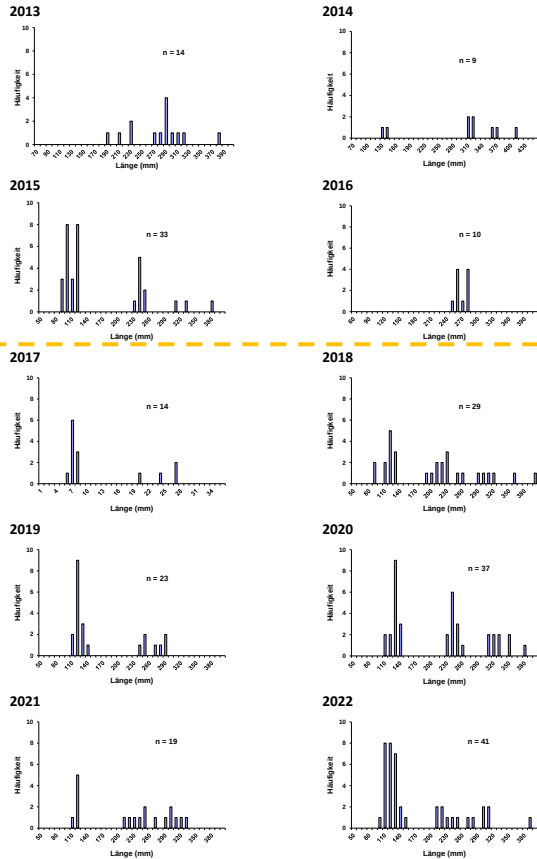
- Maßnahmenentwicklung



Bsp. Große Mühl / AT

„Living Treasures“

- Bestandsanalysen



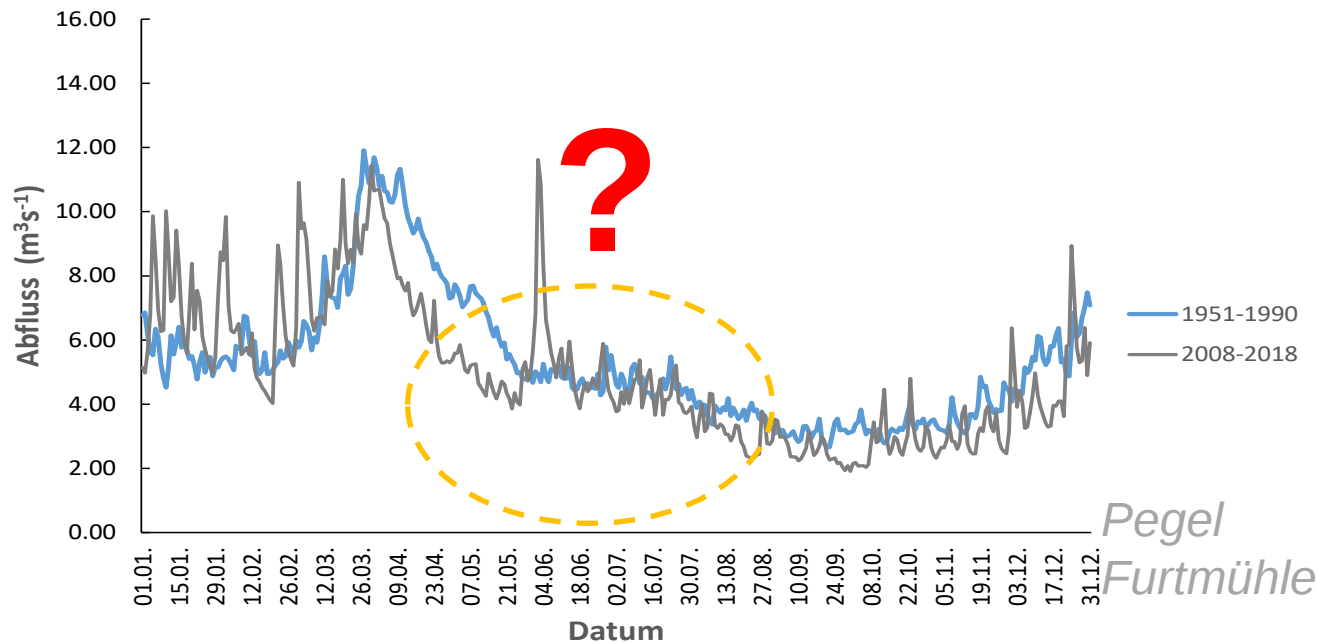
Seit 2017
kontinuierliche
Reproduktion
(0+ Äsche)



Bsp. Große Mühle / AT

„Living Treasures“

- Hydrologische Analysen & Prognosen (!)



Bsp. Große Mühl / AT

„Living Treasures“

- Citizen Science



wir haben im April 2025 ein neues Interreg-Projekt gestartet (ATCZ00180), wo wir Eure Hilfe brauchen! Alle Untersuchungen weisen darauf hin, dass es die Äsche in Zukunft angesichts des Klimawandels immer schwerer haben wird, in der Großen Mühl eigenständig eine Population zu halten. Wir wollen deshalb mit dem Projekt „Living Treasures“ jene Bereiche herausarbeiten, wo auch in 10 Jahren, 20 Jahren und 30 Jahren ein Überleben der Äsche möglich sein wird.

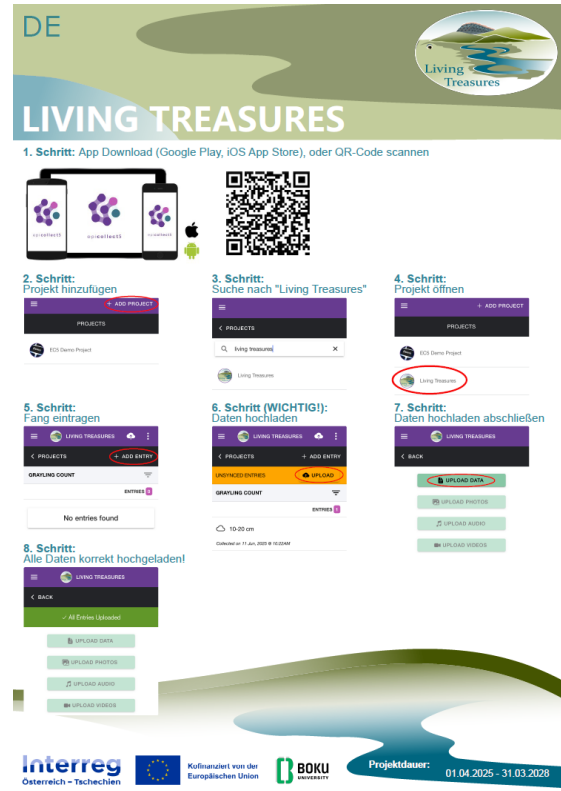
Jetzt kommt Ihr in's Spiel: Wir wollen entlang des Flusses die Habitatnutzung der Äsche in Abhängigkeit von Abfluss und Temperatur im jahreszeitlichen Verlauf dokumentieren. Um Messungen des Abflusses und der Temperatur kümmert sich das Team der Universität für Bodenkultur. Von Euch wollen wir wissen, wo hält sich die Äsche auf bzw. wo wird sie von Euch gefangen?

Wir haben deshalb eine App für Euer Handy vorbereitet, wo ihr den GPS-Punkt eines jeden Fanges rasch und ohne viel Aufwand hochladen könnt. Um die Äschen möglichst schonend zu behandeln, sind nur Angaben zu Längenklassen gefragt. Der Fisch muss somit nicht aus dem Wasser genommen werden und kann im Wasser abgehakt werden.

Ich wünsche allen ein kräftiges Petri-Heil, und Danke für Eure Unterstützung!



Dr. Christoph Hauer (Projektleiter BOKU)



„Störsteine“?



Für jeden Flusstyp geeignet?



„Non-Fluvial“

Arbeiten mit „Non-fluvial Elements“ (Bsp. Norwegen)

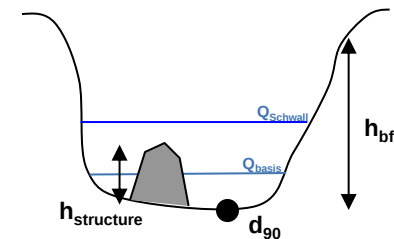
Flachbett



Ergebnis

- Zunahme Laichfische
- Zunahme Jungfische

Grundlagen



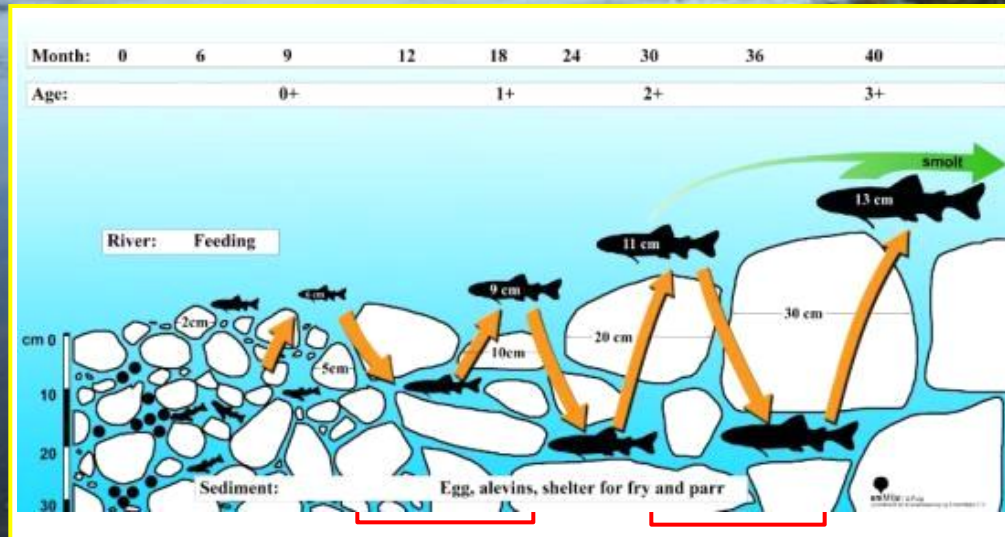
Verhältnis $d_{90} / h_{\text{structure}} / h_{\text{bf}}$

- hydr. Habitat bildend
- strukturbildend

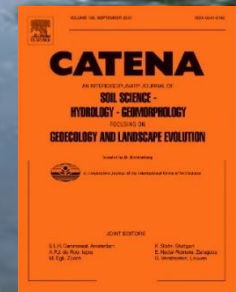


„Ökologische Trittsteine“

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



(a)



(b)

Hauer & Pulg (2018) CATENA, 171: 83-98.

PALEO – CHANNEL EVOLUTION

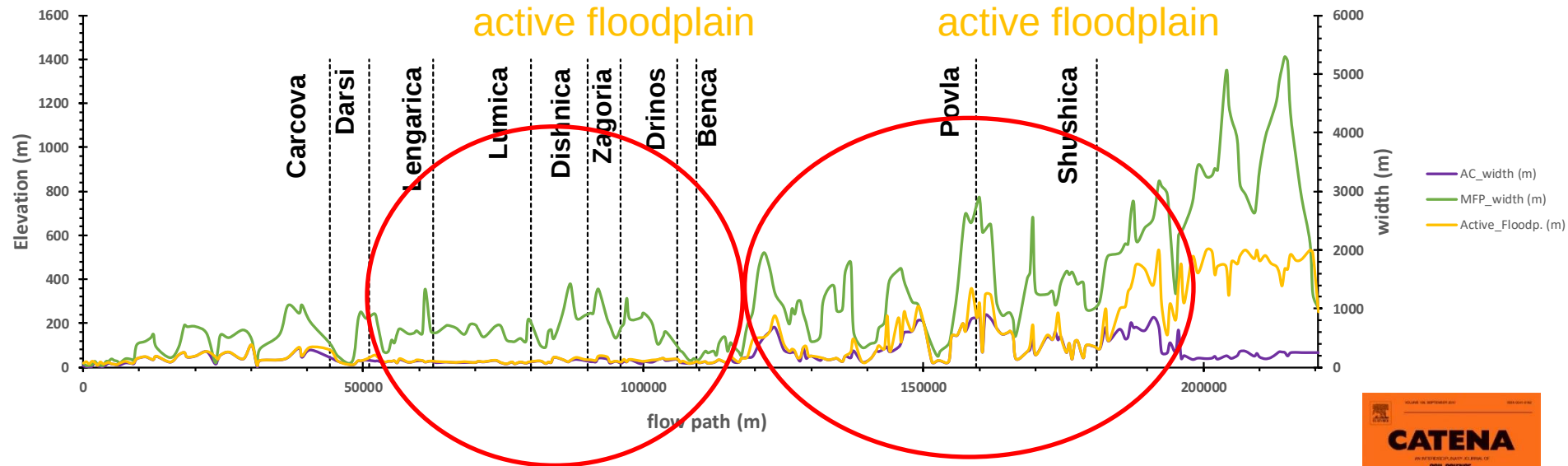


PALEO – CHANNEL EVOLUTION



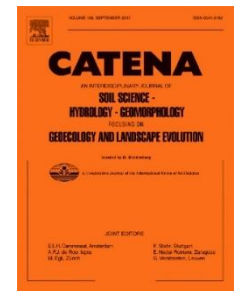
Low width / dynamic in active floodplain

High width / dynamic in active floodplain



„Different habitat characteristics due to variability in sediment supply during the last ice-age“

Hauer *et al.* (2021)
CATENA, 207, 105598.



PALEO – CHANNEL EVOLUTION

⇒ Evidences also found in „poetry literature“

„Die Moldau, die sonst langsam geht, sodass sie bei Oberplan, bei Untermoldau, bei Friedberg oft wie eine träge schillernde Schlage im Westen liegt....“ (aus an den Quellen der Moldau)

„Vltava, která jinak jde pomalu, takže poblíž Oberplanu, Untermoldau a Friedbergu často leží jako pomalá, třpytivá facka na západě ...“ (z pramenů Vltavy)



Adalbert Stifter (1805 – 1868)



Josephische Landesaufnahme (1764–1767)

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



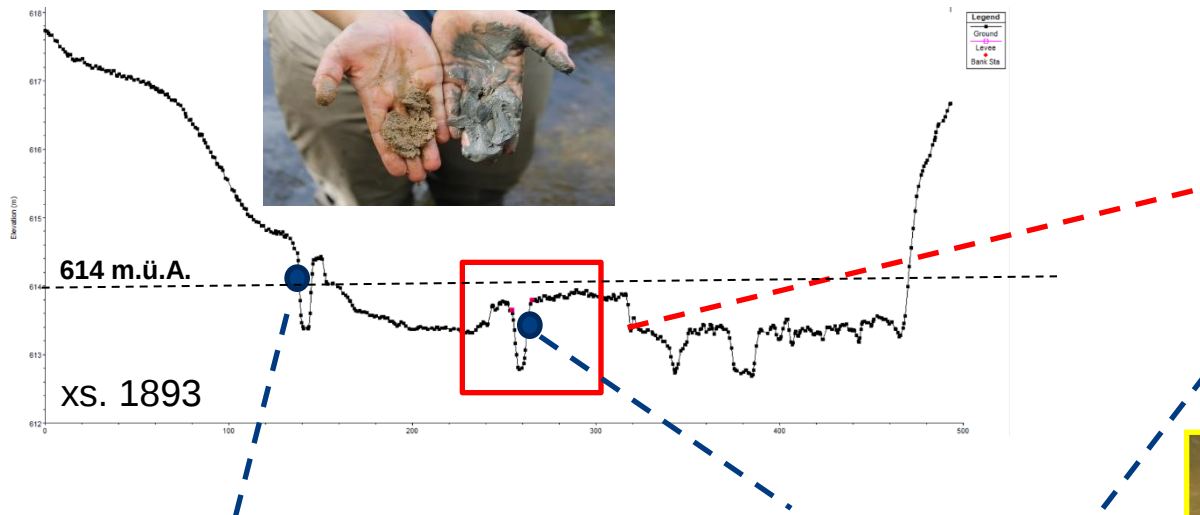
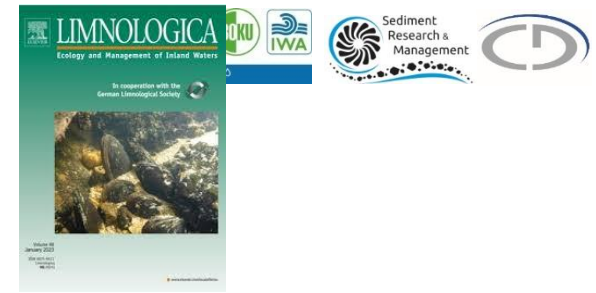
Last remaining
Freshwater Pearl
Mussel Population



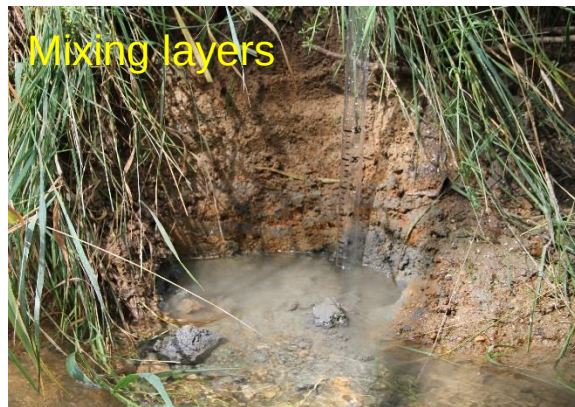
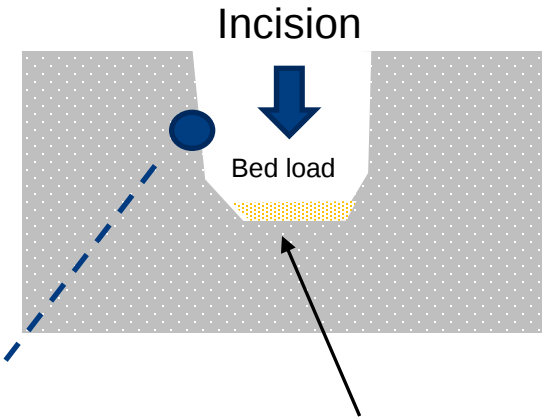
PALEO – CHANNEL EVOLUTION

- „Wulowitz Lakes Theory“

Hauer et al. (2023)
Limnologia, **98**, 126007.

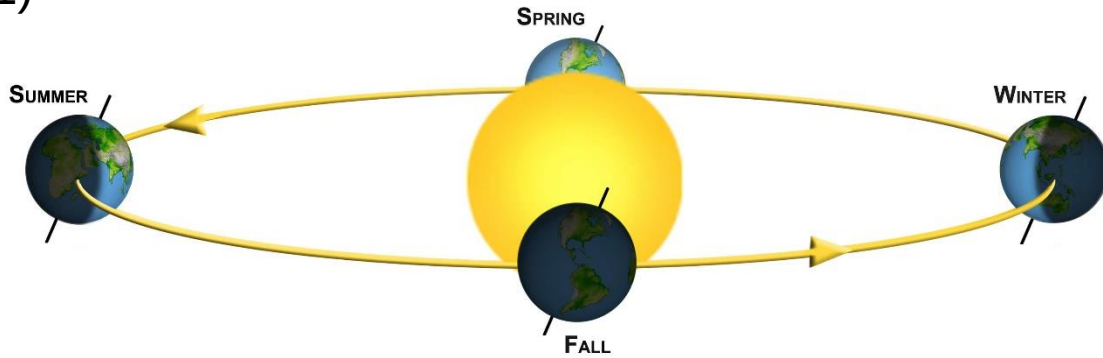


Fluvio-lacustrine sediments deposits



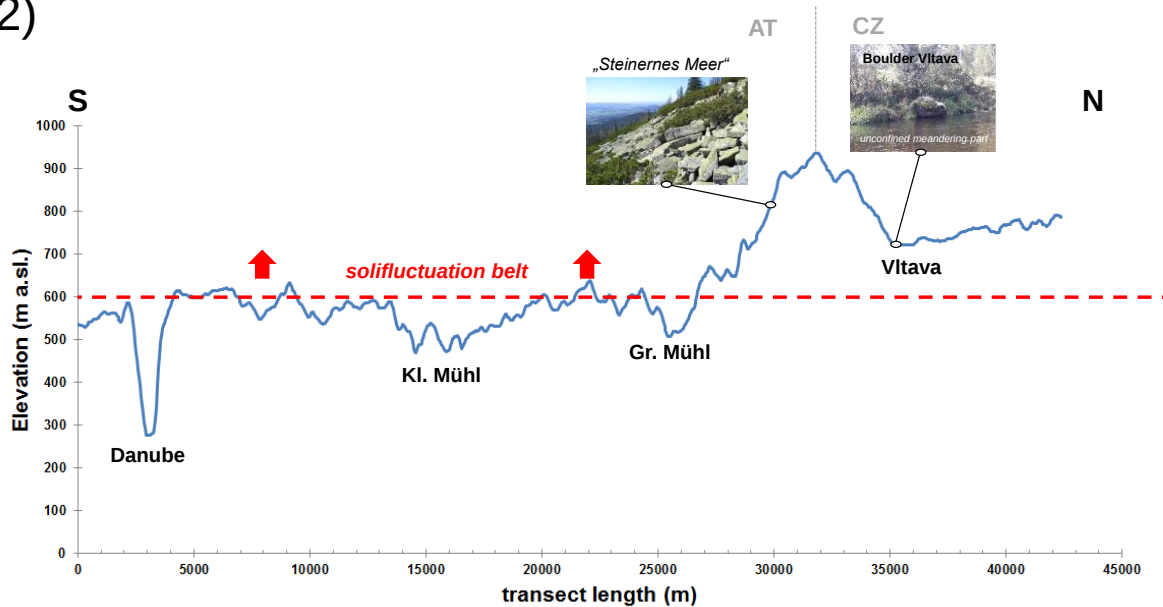
HOLISTISCHE ANSÄTZE

(1)



©www.lpi.usra.edu

(2)



Alexander von Humboldt
(1769 – 1859)

(3) Periglacial
Processes
„Solifluction“

(4) „Lake Formation“

(5) „Survival“



CD-Labor „Sedimentforschung und -management“ (2017-2024)

Modul 1 (Verein für Ökologie und Umweltforschung)

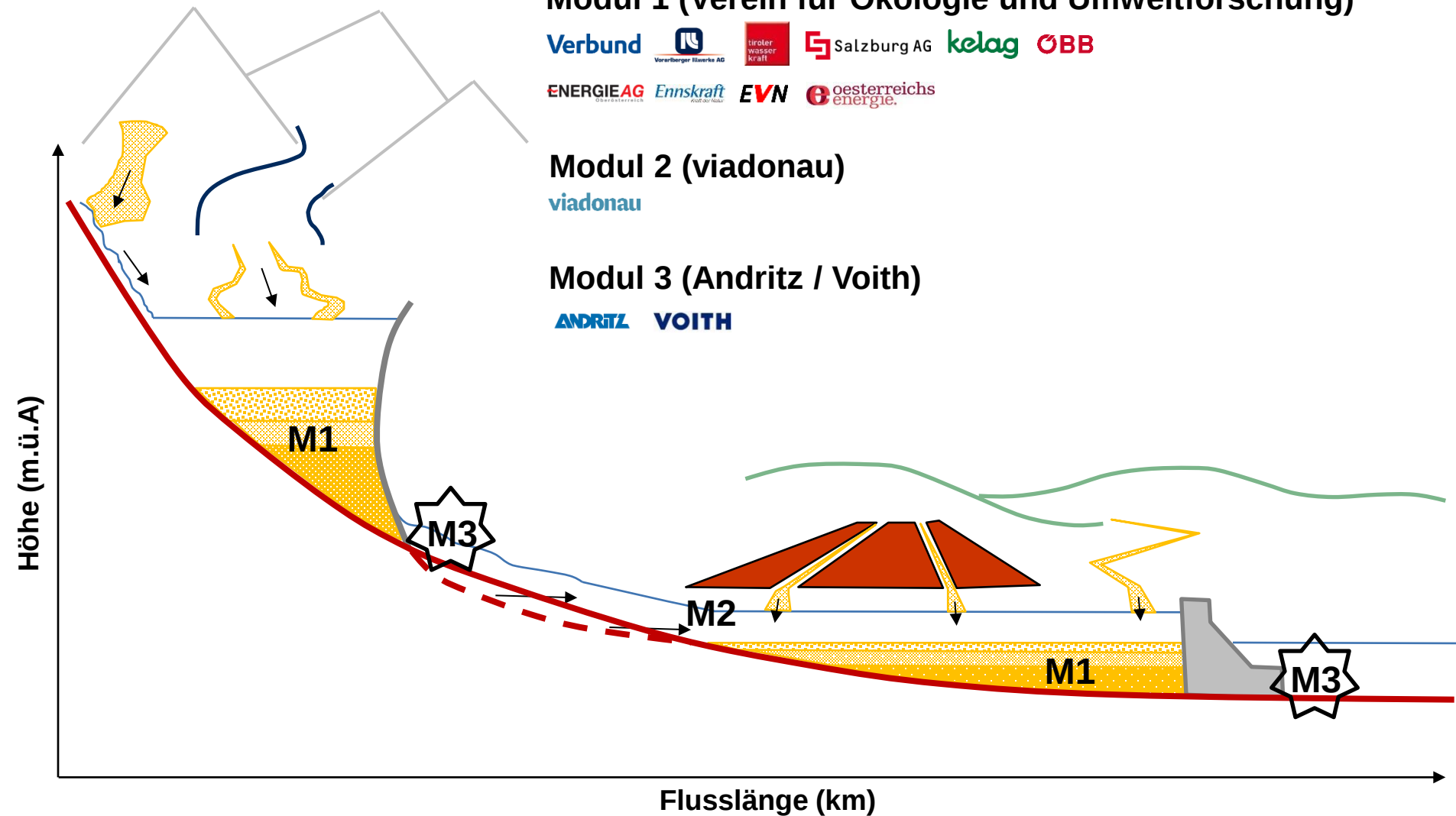
Verbund Vorarlberger Stwerke AG tiroler wasser kraft Salzburg AG kelag ÖBB
ENERGIE AG Ennskraft EVN oesterreichs energie

Modul 2 (viadonau)

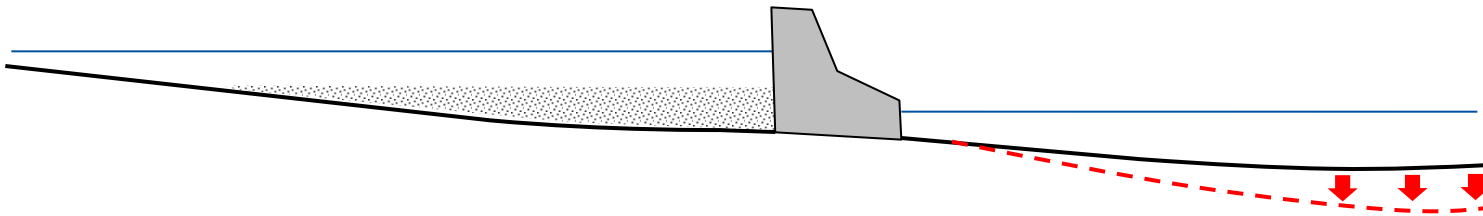
viadonau

Modul 3 (Andritz / Voith)

ANDRITZ VOITH



➔ Aussage:
„Kraftwerke halten die Sediment zurück.....“



Fallstudie im CD-Labor: Salzach

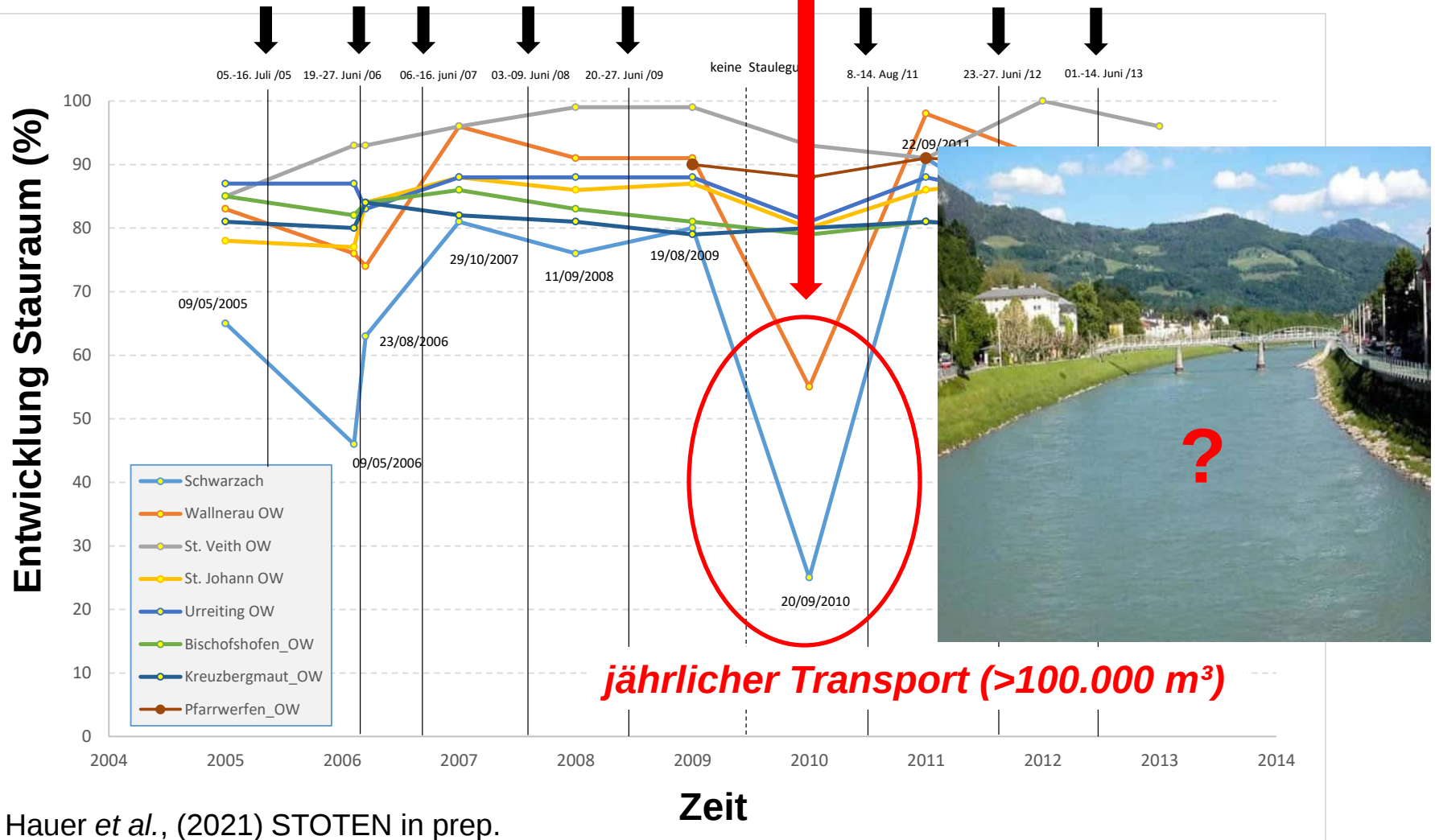


➔ **Kraftwerkskette:** 8 Laufkraftwerke

➔ **Schwellbetrieb:** ökologische Auswirkungen flussab

➡ Salzach: hohe Spüleffizienz!

Keine Spülung

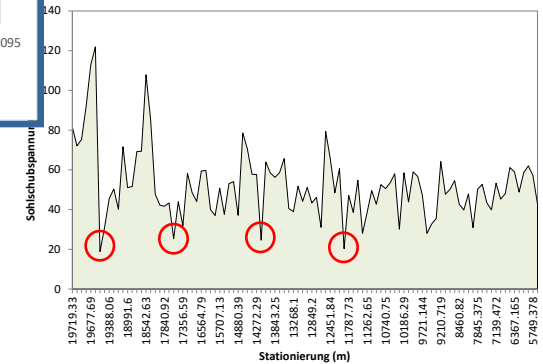
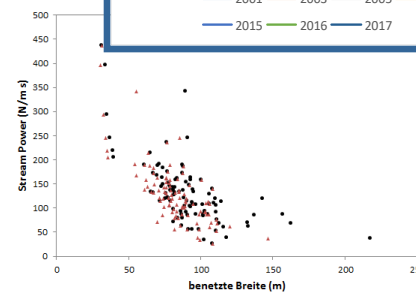
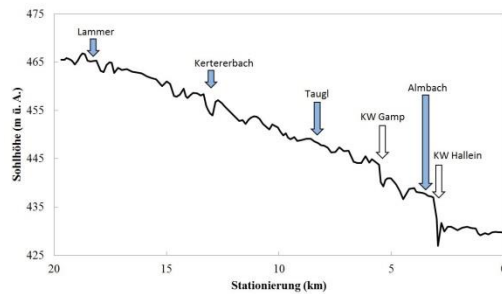
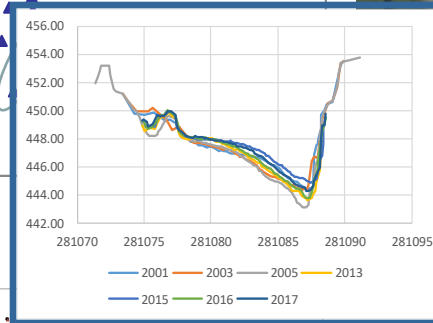
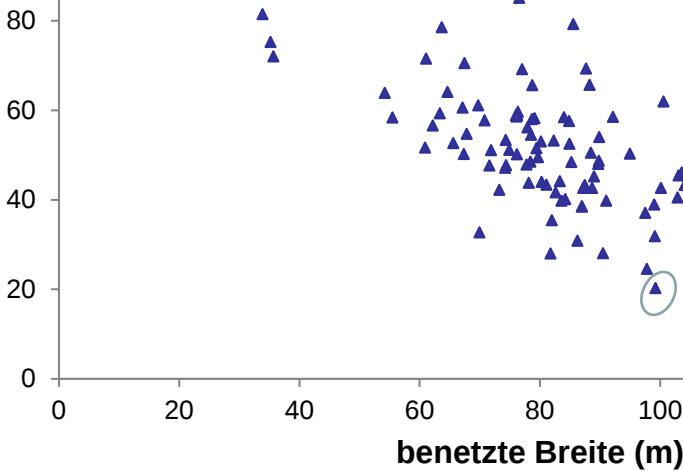


hydrodynamisch-numerischen Modellierung

HQ₁

$n = 103$

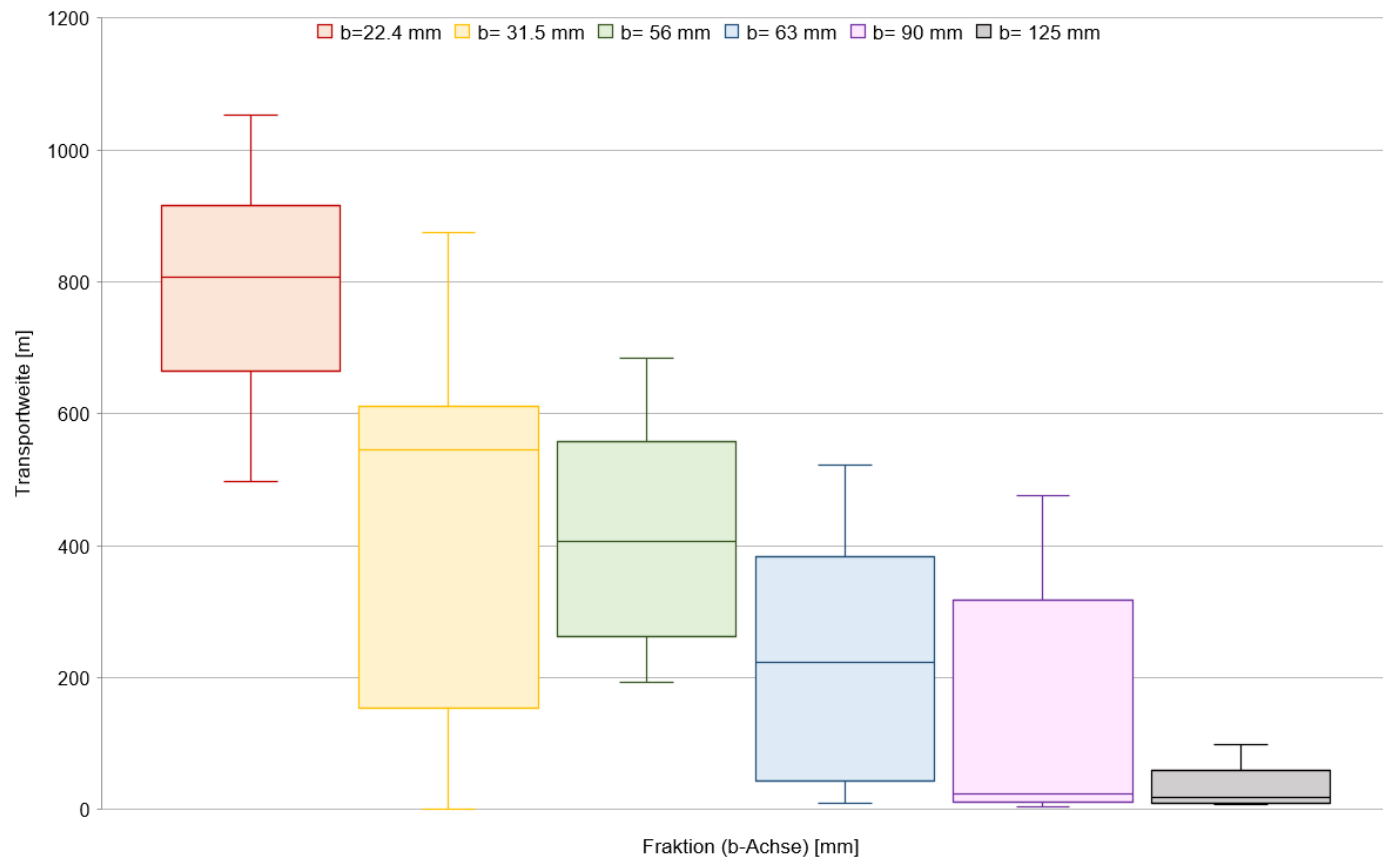
Sohlschubspannung



Transportweite

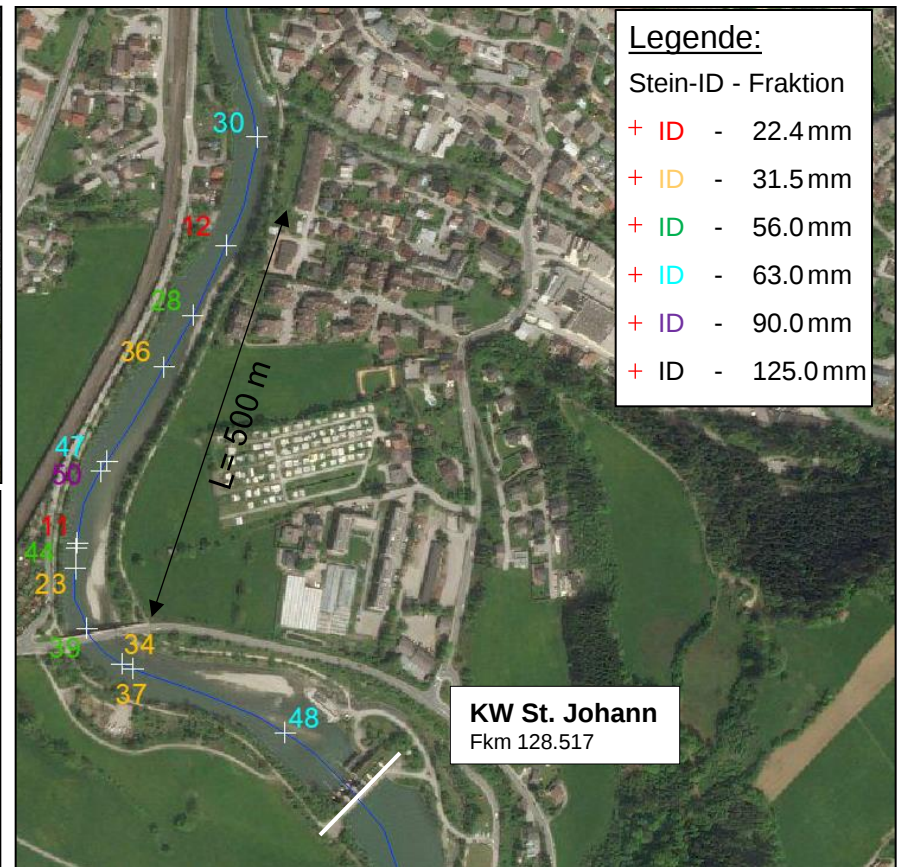
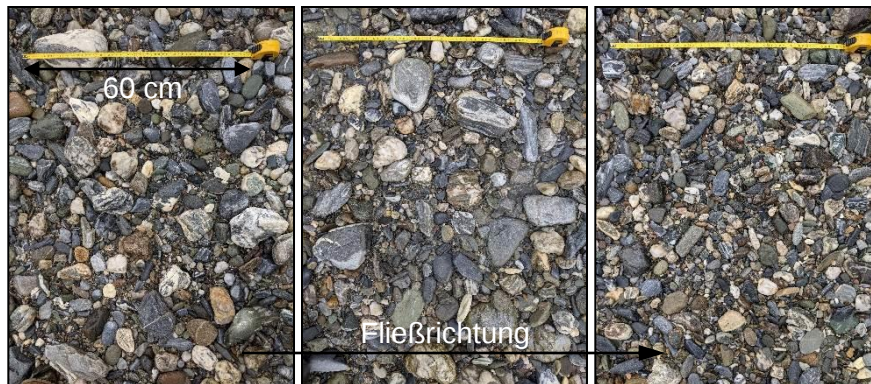
Bestimmung aus 2. Suche

- Vorangegangener Durchfluss: $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ (Quelle: Oberliegerpegel Wallnerau)
- „Downstream Finig“ deutlich an detektierter Transportweite erkennbar
- Streuung der kleinsten Korngrößen am größten ($b = 22.4 \text{ mm}$, $b = 31.5 \text{ mm}$)

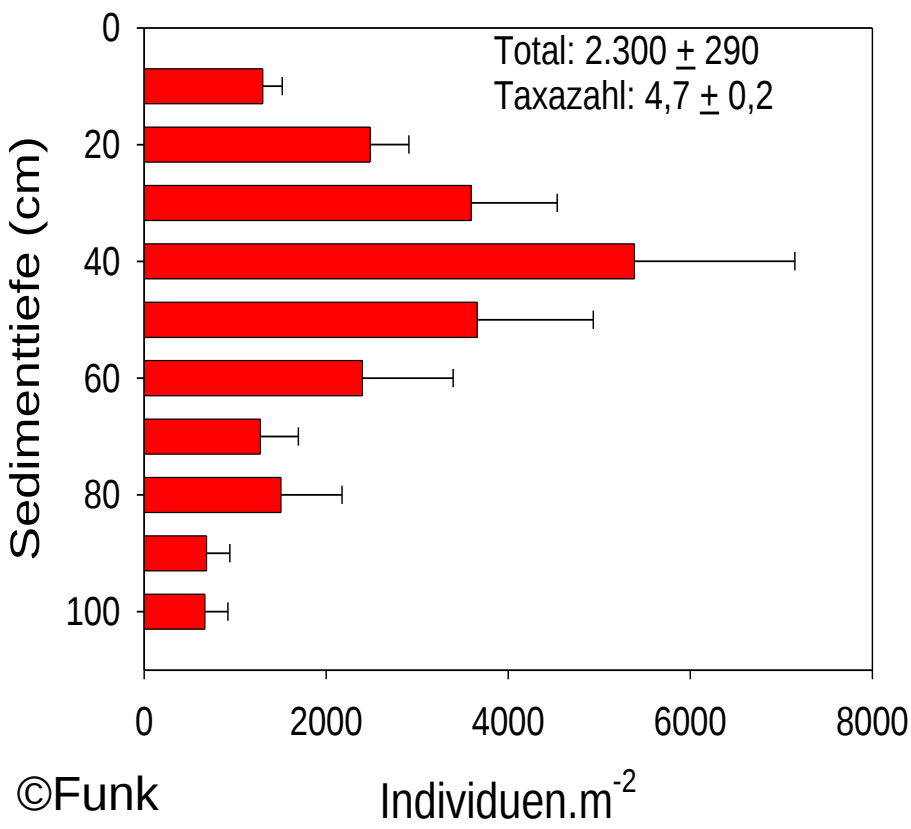
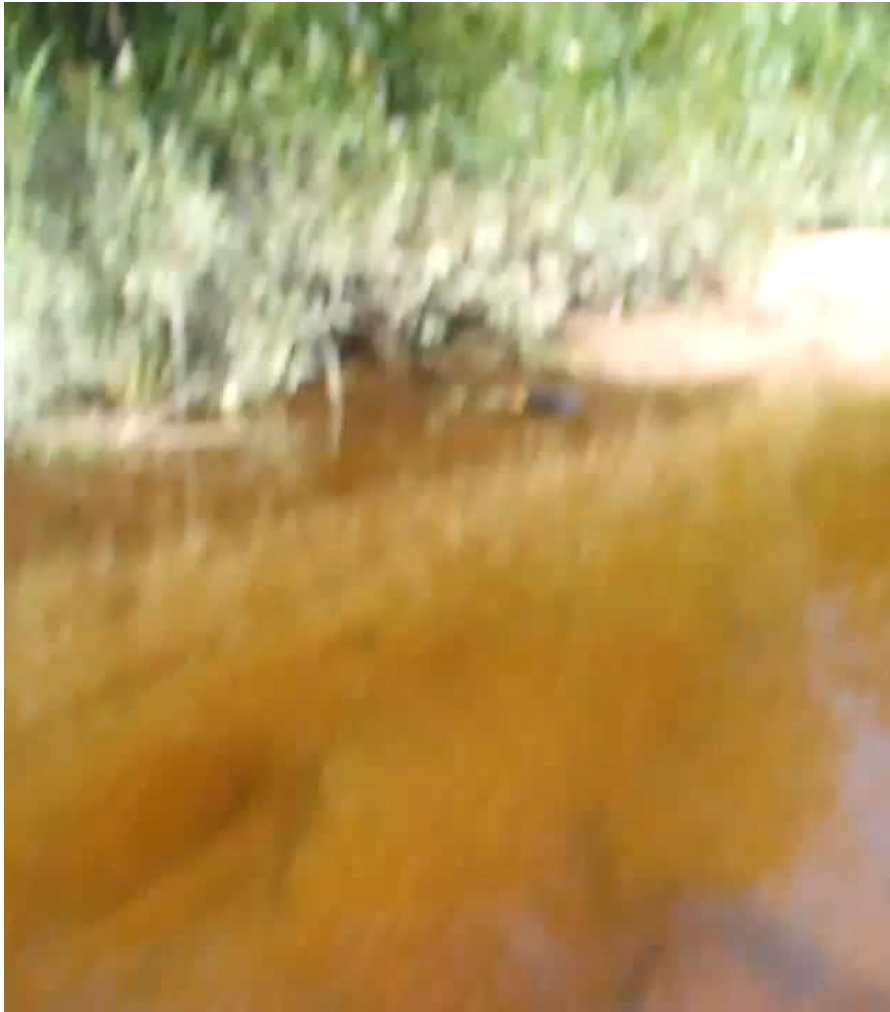


Bedeutung für die Gewässerökologie

- nicht nur eine Frage der Sedimentdurchgängigkeit !
- in wie weit auch Teil von Gewässerstrukturen (und wie lange) !
- in Kombination mit weiteren Feldmessungen zu validieren

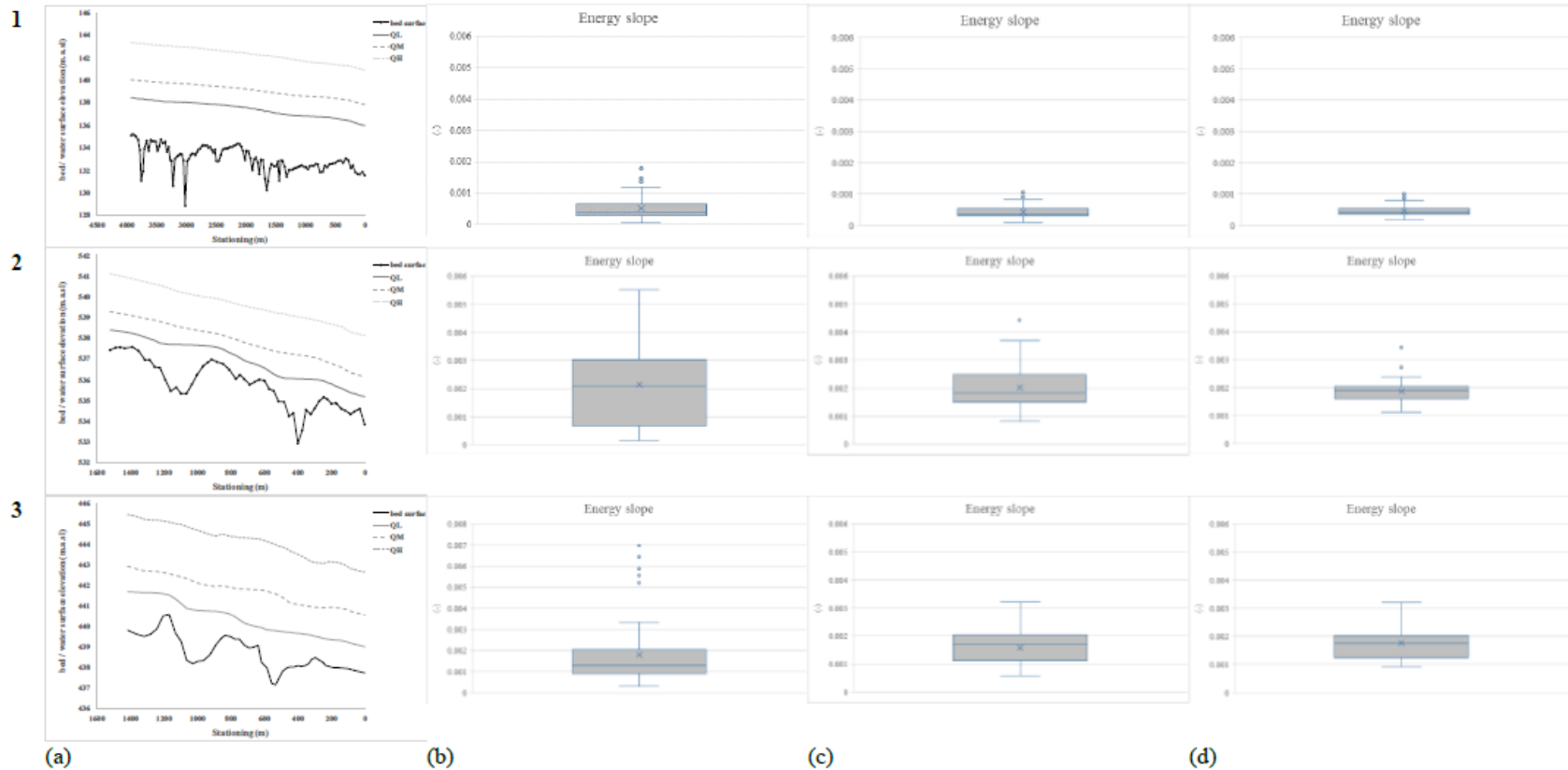


- zu hohe Dynamik ökologisch prob



Vltava / CZ

- vergleichende numerische Untersuchungen (I_E)

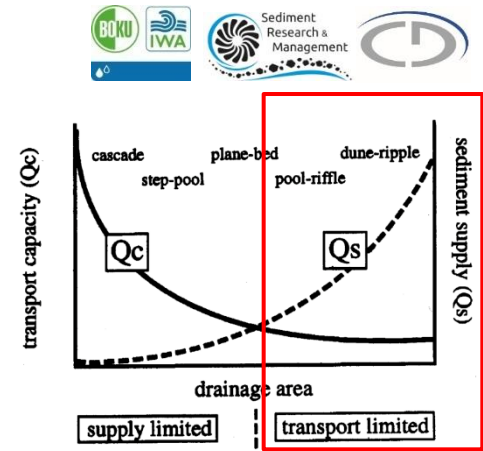
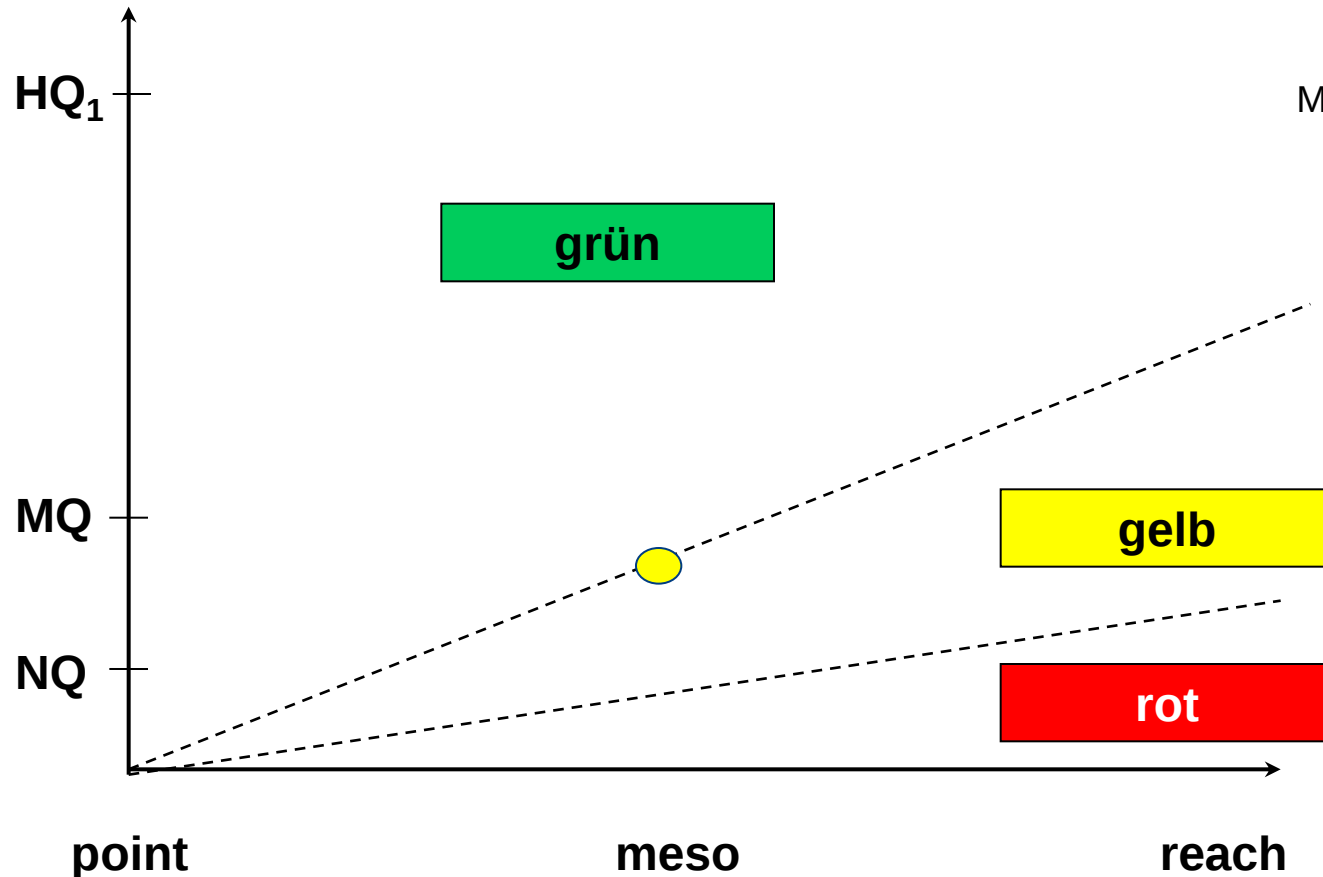


1 – Donau
2 – Drau
3 - Alpenrhein

Hauer *et al.*, (2023) ESPL revised paper

Bsp. Risikoeinschätzung zur Zielverfehlung auf Grund sich verändernder Prozesse

- transportlimitierende Verhältnisse



Montgomery & Buffington (1997)

⇒ *riffle-pool Typ*

⇒ *dune-ripple Typ*



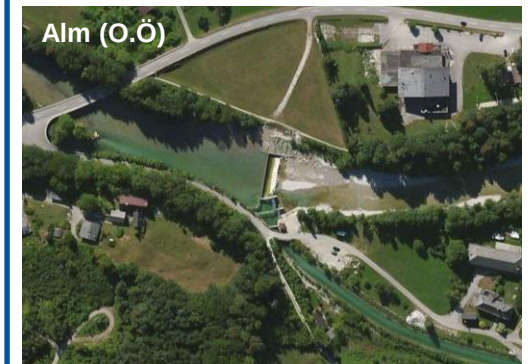
➔ Ziel: „Flüsse wieder fit für mehr Sediment“

Zwei-Klassen-Gesellschaft

„Miteinander“



Kleinwasserkraft



DAS KONZEPT NATIONALPARK

Große, natürliche oder naturnahe Lebensräume sind besonders wertvoll, heute aber selten. Nationalparke schützen sie deshalb und bewahren Natur für uns und zukünftige Generationen.

In Nationalparken soll sich die Natur vom Menschen **unbeeinflusst entwickeln** – *Natur Natur sein lassen.*

Die Natur darf sich nach ihrer eigenen Dynamik entwickeln, natürliche Prozesse werden nicht gestört.

Dieser Prozessschutz schließt wirtschaftliche Nutzung und andere menschliche Eingriffe aus. Scheinbar „katastrophale“ Naturereignisse wie Stürme, Überschwemmungen, Waldbrände, Dürren oder Insektenfraß werden als Teil der Natur gesehen und ihre Folgen akzeptiert.

Ziel ist es, verbliebene Wildnis zu bewahren oder neue Wildnis entstehen zu lassen. Wildnis selbst unterliegt fortlaufender Veränderung, über Jahrhunderte oder auch in kürzester Zeit. – BS



NATIONALPARK
Bayerischer Wald

„Die Natur darf sich nach ihrer eigenen Dynamik entwickeln, natürliche Prozesse werden nicht gestört.“

Warum nicht:

Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist es die **natürlichen Prozesse zu schützen / fördern** und **anthropogene Rahmenbedingungen dahingehend zu optimieren** um den **ökologischen Gewässerzustand** zu verbessern.

Zusammenfassung / Ausblick

Ein grundlegendes **Prozessverständnis** der Fließgewässer ist ein **MUSS** um geeignete Verbesserungsmaßnahmen bzw. auch Maßnahmen im Bereich des **ökologischen Managements** wie z.B. **Naturverlaichung** durchzuführen.

Nur wer die Prozesse kennt, kann eine gute **Ist-Bestandsanalyse** durchführen, **Defizite** ableiten und **geeignete Maßnahmen** entwickeln.

Einfache Betrachtungen der (Feststoff-) Prozesse (Bsp. Salzach) reichen oft **nicht aus** um die hydromorphologischen Auswirkungen und somit **Veränderungen des Lebensraums** zu bewerten (**multi-stressed rivers**).

Prozessverständnis und **Prozessschutz** ist vor allem unter dem Aspekt des **Klimawandels** essenziell für ein **nachhaltiges fischereiliches Management** um (i) die **Resilienz eines Gewässers** zu bewerten und (ii) **zukünftige Herausforderungen** zu **antizipieren**.

Danke für die Aufmerksamkeit.