

# Klimawandel - was ist zu tun?

Strukturelle Verbesserungen von Fließgewässern für Fische

Hankensbüttel

05.11.2021



Büro für Auen- und Gewässerentwicklung (AuGe)  
Raimund Schüller, Beierweg 51, 53359 Rheinbach  
E-Mail: [geogen@t-online.de](mailto:geogen@t-online.de); Tel. 02225 - 703 22 66

# GLIEDERUNG

- KLIMAWANDEL – WELCHE KOMPONENTEN ÄNDERN SICH?
- WASSERTEMPERATUR: BESTIMMENDE FAKTOREN UND WIRKUNG AUF FISCHE
- WELCHE MÖGLICHKEITEN ZUR ABMILDERUNG VON KLIMAEFFEKTEN BESTEHEN?
- POTENZIALE EINER BESCHATTUNG DURCH UFERGEHÖLZE.
- GEHÖLZAUSWAHL – WELCHE BAUMARTEN SIND ZU PRÄFERIEREN?
- MORPHOLOGIE EINES TYPISCHEN BARBENÖKOTOPS – WAS GILT ES IN STRUKTURELLER HINSICHT ZU BEACHTEN?

# Klimawandel - welche Komponenten der Bach-/Flusslandschaft verändern sich?



## Hydromorphologie

Wasserhaushalt  
(EZG - Aue - Gewässer)



Durchgängigkeit



Morphologie  
Morphodynamik

## Physikalisch-chemische Parameter

Wassertemperatur in  
kaltwassergeprägten  
Lebensräumen



Resilienz erhöhen?

Resilienz erhöhen?

Resilienz erhöhen?

**Resilienz** = Fähigkeit eines Habitats, bei Beeinträchtigungen nicht vollständig seine Lebensraumeignung zu verlieren.

# Wassertemperatur - Natürliche Einflussfaktoren



## Topographie/Vegetation

- Meereshöhe (Höhengradient:  $0,7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )
- Tal-/Gewässerverlauf (Himmelsrichtung)
- Beschattung (Relief)
- **Beschattung (Vegetation)**
- Geologie
- **Vegetation (Umfeld und Einzugsgebiet)**

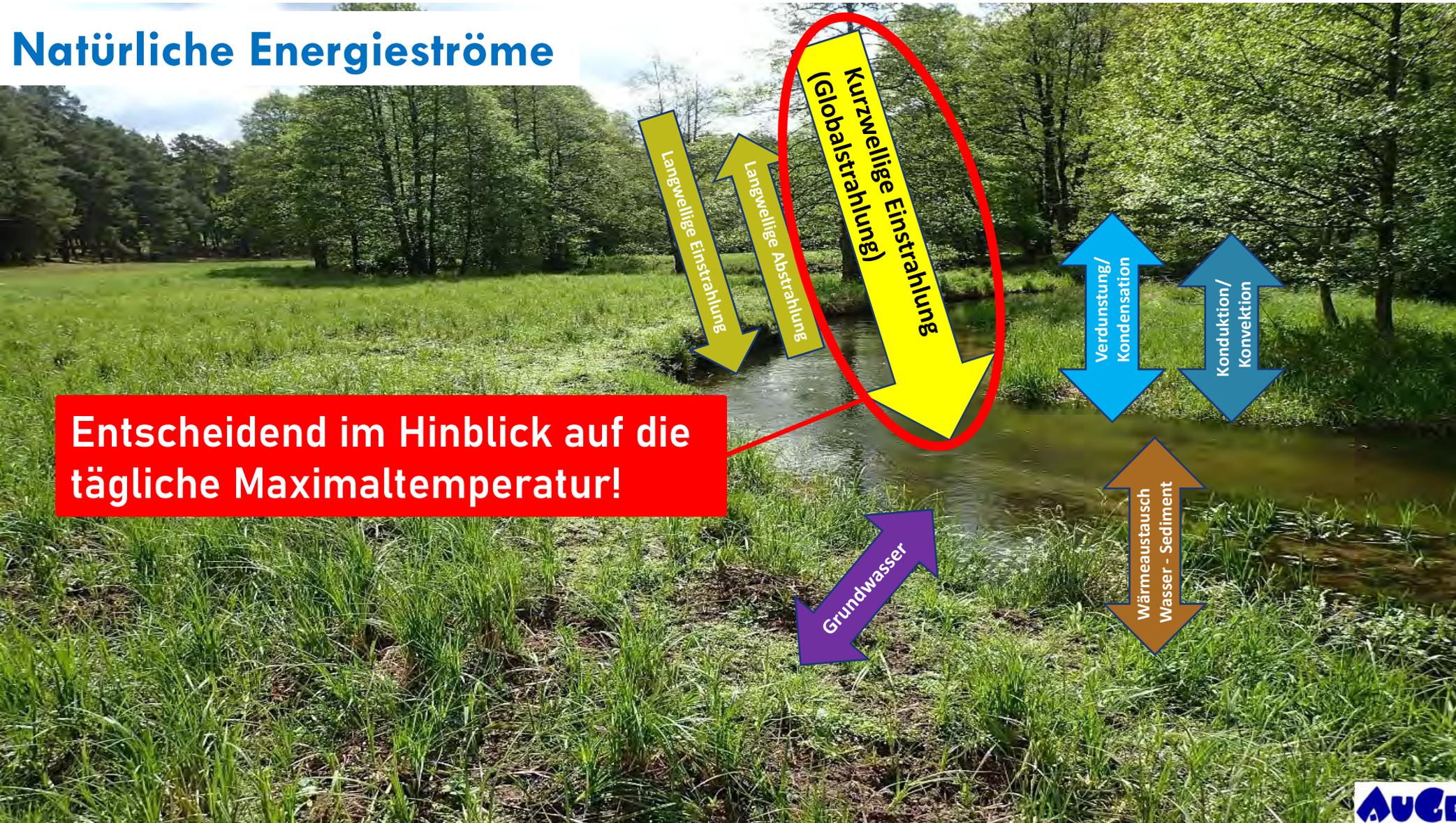
## Atmosphärische Parameter

- Sonnenstrahlung
- Lufttemperatur
- Niederschläge (Regen/Schnee)
- Windverhältnisse
- Luftfeuchte
- Wolkenbedeckung

## Abfluss, Gefälle und Geometrie des Gewässerbetts

- Abfluss/Abflussregime
- Einmündende Nebengewässer
- Grundwasserzuflüsse
- Gefälle und Turbulenz (Reibungswärme bei  $> 5\%$  Gefälle:  $0,24^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  Höhendifferenz)
- Gewässerbettgeometrie (Wasserspiegelbreite, Wassertiefe)
- Laterale Vernetzung mit dem Umfeld (Aue)

# Natürliche Energieströme



Entscheidend im Hinblick auf die tägliche Maximaltemperatur!

# Grundlegende Zusammenhänge



Die Auswirkung der Energieströme auf die Wassertemperatur ist abhängig von:

- **Wassertiefe** und
- **abfließendem Wasservolumen (Abfluss)** sowie
- **Strömungsgeschwindigkeit**

Ein geringeres Wasservolumen sowie flache Wasserbereiche erwärmen sich schneller, kühlen auf der anderen Seite aber auch schneller ab. Diese Bereiche passen sich also schneller an die Umgebungstemperaturen an.

**Jahresgang:** Maximum im Juli/August, Minimum im Januar/Februar

**Tagesgang:** **Maximum am Nachmittag**, Minimum in den frühen Morgenstunden (= zeitlich etwas verzögert zu den Lufttemperaturen).

# Grundlegende Zusammenhänge



Die Auswirkung der Energieströme auf die Wassertemperatur ist abhängig von:

- **Wassertiefe** und
- **abfließendem Wasservolumen (Abfluss)** sowie
- **Strömungsgeschwindigkeit**

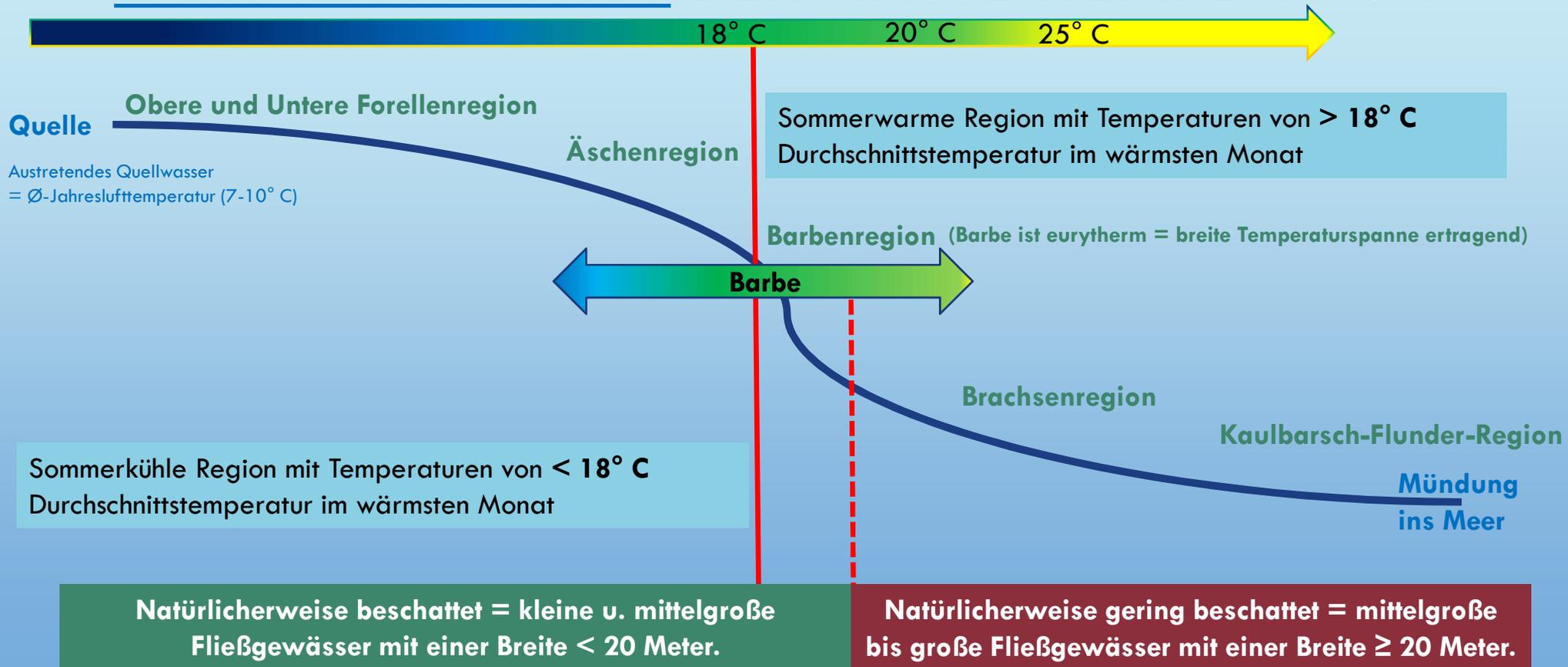
Ein geringeres Wasservolumen sowie flache Wasserbereiche erwärmen sich schneller, kühlen auf der anderen Seite aber auch schneller ab. Diese Bereiche passen

**Es sind dämpfende Effekte durch Beschattung erforderlich, wenn der Lebensraum stabil bleiben soll!**

**Jahresgang:** Maximum im Juli/August, Minimum im Januar/Februar

**Tagesgang:** **Maximum am Nachmittag**, Minimum in den frühen Morgenstunden (= zeitlich etwas verzögert zu den Lufttemperaturen).

# LÄNGSZONIERUNG DER WASSERTEMPERATUR



# LATERALE ZONIERUNG DER WASSERTEMPERATUR



**Tagliamento (Norditalien): bis zu 15° C** (Meier, W. et al., 2004)



**Auenstrukturen (Altarme, Altwasser, Flutrinnen, -mulden) weisen deutlich erhöhte Wassertemperaturen gegenüber dem Hauptstrom auf: dies ist essenziell für die Reproduktion von Auenfischarten (Bug (Polen)).**

# FISCHE: ANPASSUNGEN AN DIE WASSERTEMPERATUR

Fische sind wechselwarme Tiere (= poikilotherm) und können ihre Körpertemperatur nicht selbst steuern. Sie liegt 0,1 - 1° C über der umgebenden Wassertemperatur.

Strategien

Anpassen (Akklimation)

oder

Ortswechsel (Thermoregulation)

Keine zu schnellen Temperaturwechsel  
Keine Überschreitung des letalen Grenzwertes

Ausweichhabitat

Temperaturgilden

Kaltwasserliebende Arten (= kaltstenotherme Arten)

Warmwassertolerante Arten (= meso-eurytherme Arten)

# Zu erwartende klimabedingte Veränderungen

1. Flussaufwärts gerichtete Verschiebung der Fischregionen: lt. Studie aus Österreich ~ 40 - 50 km bis 2050



Degradierung der Habitate kaltstenothermer Fischarten (z. B. Bachforelle, Äsche, Groppe)



Ausweitung geeigneter Lebensräume für Generalisten mit breiter thermischer Toleranz (z. B. Brachsen, Wels, Karpfen)

Zeitpunkt	Fischregion		
vor 1980	Barbenregion Epipotamal	Äschenregion Hyporhithral	Untere u. obere Forellenregion Meta- und Epirhithral
heute	→	→	→
bis 2050	→	→	→ „Gipfelfalle“

2. Zunahme nicht heimischer invasiver Arten



Parameter	Wirkungsabschätzung	
<b>Wassertemperatur</b>	sehr gering letal	sehr hoch letal
Löslichkeit von Gasen im Wasser	sehr hoch	sehr gering
Sauerstoffgehalt Wasser	sehr hoch	sehr gering
Sauerstoffbedarf Fische	sehr gering	sehr hoch
Eientwicklung		
Reproduktion		
Juvenile		
<b>Abfluss (Wassermenge)</b>	HO <sub>extrem</sub> letal	NNQ letal
Abwanderung/Tod	Verdriftung	Ggf. Fischfallen
Stoffliche Belastung	Verstärkter Feinsedimenteintrag	Ggf. Schad-, Nährstoff-Übersättigung
Hydraulische Belastung (überprägte Querprofile)	Hydraulische Überlastung bei fehlender Ausuferung (Aue)	Degradierung schneller fließender (= lotischer) Bereiche
Durchgängigkeit	Verstärkte Strömungs- u. Geschiebedynamik	mangelnde Wassertiefe

# Ökologische Spannbreite von Fischarten

- Artspezifische Betrachtung erforderlich! -

# Auf die aquatische Lebensgemeinschaft einwirkende Umweltfaktoren

## Abiotische Faktoren

### Wassergüte

- Saprobie
- Chemie
- Physikalisch-chemische Parameter

### Raumqualität

Einzugsgebiet und Gewässerumfeld

- **Belastungsfaktoren**
  - Nutzungstypen/Bewirtschaftung
  - Erosionsgefährdung
  - Gewässerrandstreifen (Stoffeintrag)
  - Abflussdynamik (Versiegelung)
  - Klimawandel
  - Restriktionen
- **Regenerationsfaktoren**
  - Entwicklungskorridore

### Hydromorphologie

- Wasserhaushalt
- Durchgängigkeit
- Morphologie, Morphodynamik

## Biotische Faktoren

- Besiedlungspotenzial
- Nahrungsangebot
- Konkurrenz / Neozoen / Neophyten
- Jagddruck (natürlich / anthropogen)
- Krankheiten / Parasiten

Guter ökologischer Zustand

Umweltfaktoren außerhalb des Optimums wirken als „Stressoren“. Je mehr Stressoren vorhanden sind, desto instabiler wird eine Art bzw. Population.

Die Schädigung eines Umweltfaktors kann in bestimmten Grenzen durch die Beseitigung anderer Stressoren abgemildert werden.

# Welche Maßnahmen zur Resilienzsteigerung sind möglich?



## Wasserhaushalt

### Einzugsgebiet (EZG)

- Wasserrückhalt in der Fläche verbessern
- Regeneration des Bodenwasserhaushalts
- Extensivierung/Anpassung von Bewirtschaftungsformen (Landwirtschaft/Forst)
- Versiegelung stoppen

### Aue

- Entsprechend EZG
- Keine (weitere) Überbauung oder Aufschüttung
- Anpassung der Bewirtschaftung/Nutzung an die Standortverhältnisse - nicht umgekehrt! Zusetzen von Entwässerungssystemen
- Regeneration von intakten Auenwäldern bzw. Bereitstellung von Entwicklungskorridoren

### Gewässer

- Laterale Vernetzung wiederherstellen, Ausuferungsdynamik regenerieren/verbessern
- Ausleitungsstrecken ökologisch justieren
- Rückstaubereiche beseitigen, verkürzen
- Abfluss verlangsamen (aber nicht über längere Rückstau!)

## Welche Maßnahmen zur Resilienzsteigerung sind möglich?



### Durchgängigkeit

- Longitudinale Durchwanderbarkeit sicherstellen (aufwärts und abwärts)
- Laterale Vernetzung über Auenstrukturen wiederherstellen, Schaffung von Rückzugsräumen und Regenerationshabitaten
- Ausleitungstrecken vermeiden bzw. ökologisch optimieren; Wasserentnahmen in Niedrigwasserzeiten verhindern
- Rückstaubereiche beseitigen bzw. verkürzen
- Tiefenstrukturen (Tiefwasserbereiche) regenerieren

# Strukturelle Aufwertung von Fließgewässern zur Resilienzsteigerung

- Regeneration natürlicher Schutzmechanismen -



Mäandrierende Flüsse lagern mit dem Sediment zusammen Kohlenstoff ab  
und binden ihn so langfristig!

In der Folge findet weniger Kohlenstoff-Oxidation statt (= Abgabe an die Atmosphäre):

**Mäandrierend (= langsam fließend): 30,4 t/Jahr**

**Schnell fließende Strecken: 6.050 t/Jahr**

Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Nature Geoscience, [doi: 10.1038/s41561-021-00845-7](https://doi.org/10.1038/s41561-021-00845-7)

# Strukturelle Aufwertung von Fließgewässern zur Resilienzsteigerung

- Regeneration natürlicher Schutzmechanismen -

## Beschattung durch Ufergehölze



Optimum

Minimum

Auenwald

Entwicklungskorridor

Ufergehölze



# Strukturelle Aufwertung von Fließgewässern zur Resilienzsteigerung

- Regeneration natürlicher Schutzmechanismen -

## Beschattung durch Ufergehölze



Optimum

Minimum

Auenwald

Entwicklungskorridor

Ufergehölze



### Waldklima

- Ausgeglichener Temperaturgang
- Geringere Extremwerte

### Morphodynamik

- Gewässer und Aue

(+ weitere Naturhaushaltsfunktionen)

### Teilintaktes Waldhabitat

### Morphodynamik

- Gewässer und morphodynamisch aktiver Teil der Aue

(+ weitere Naturhaushaltsfunktionen)

### Beschattung

### Morphologie

(+ weitere Naturhaushaltsfunktionen)

# Strukturelle Aufwertung von Fließgewässern zur Resilienzsteigerung

- Regeneration natürlicher Schutzmechanismen -

## Abfluss



Optimum

Minimum

**Auenwald**

**Entwicklungskorridor**

**Ufergehölze**



### Waldklima

- Geringere Lufttemperaturen im Sommer
- Geringere Bodenverdunstung
- Höhere Grundwasserspeisung

### Waldboden

- Sehr hohe Infiltration und Wasserrückhaltungs-Kapazität
- Deutlich abgeschwächte Trockenwetterganglinien (= erhöhter und verlängerter Niedrigwasserabfluss)
- Infiltration kühleren Bodenwassers ins Gewässer

**Teilintaktes System  
mit mittlerer bis hoher  
Resilienz**

(abhängig von der Breite)

**Keine nennenswerte  
Resilienz im Hinblick auf  
den Abfluss**

## ENTWICKLUNGSKORRIDORE / UFERGEHÖLZE NACHHALTIGE LÖSUNG ODER TROPFEN AUF DEN HEIßEN BACH?



Was muss das Ziel aus ökologischer und volkswirtschaftlicher Sicht sein?

- Ausreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels
- Soweit wie möglich Regeneration des natürlichen Systems einer Bach-/Flusslandschaft.  
Effizient sind nur selbstregenerierende Systeme!



Umfassend selbstregenerierende Systeme sind nur auf Basis von gehölzbestandenen Entwicklungskorridoren möglich!  
(Ausnahme: von Natur aus baumfreie Gewässer (Niedermoore, Marschengewässer)).

HMWB/künstliche Gewässer: Ufergehölze zur Sicherstellung der Beschattung, einer Mindeststrukturausstattung sowie zum Nahrungseintrag.



# Was bringt eine Beschattung?



Kleiner grobmaterialreicher Mittelgebirgsbach in Hessen (Diete) (Masterarbeit von Lisa Freiberger, 2019):

**Bis zu 6 ° C niedrigere tägliche Maximaltemperatur** in den Sommermonaten

In Österreich wurden **bis zu 4 ° C** an größeren Fließgewässern gemessen (WEIHS et al. (2015)).

# Wie sollte eine Beschattung etabliert werden?

- PRIORISIERUNG DER VORGEHENSWEISE -



## 1. Sukzession geht vor Pflanzung!

Natürliche Vegetationsentwicklung/Naturverjüngung vorhandener Gehölze)

Die „richtigen“ Baumarten müssen in erreichbarer Entfernung vorhanden sein. Es bedarf besiedelbarer Pionierstandorte (= Rohbodenstandorte), damit schnelle Erfolge zu verzeichnen sind.

2. Pflanzung von Junggehölzen aus Naturverjüngung der näheren Umgebung.

3. Pflanzung von Forstpflanzen (Baumschule) aus regionaler Herkunft.

# Regeneration einer heterogenen Altersstruktur



← Typisches Bild in der Kulturlandschaft:  
Gepflanzte, gleichaltrige Bestände ohne Naturverjüngung.

Für eine Naturverjüngung von PIONIERgehölzen sind  
PIONIERstandorte (= Rohboden) unerlässlich.



## WIE SOLLTE EINE BESCHATTUNG NICHT ETABLIERT WERDEN?



**Kein Lebendverbau,  
keine grüne Verrohrung!**

Korrigiert werden können  
solche Bedingungen ggf. über  
eine Auslichtung nach Anwuchs  
(= Rodung).



**Die Etablierung von Gehölzen an der Uferböschung oder auf der  
Böschungsoberkante (linkes Ufer) ist strukturell nahezu wertlos! Die  
Wurzelstöcke sollten ein freiliegendes Netzwerk mit Verbindung  
zum Niedrigwasserspiegel und zur Gewässersohle entwickeln  
können (vgl. rechtes Ufer)!**



## Die Bedeutung des Standorts von Ufergehölzen



In tiefer eingeschnittenen Profilen funktioniert die naturnahe Verzahnung von Gehölzen und Wasserlebensraum nur, wenn die Gehölze nicht auf der Böschung (links), sondern auf einer schmalen Uferberme unmittelbar am Wasserspiegel stocken (unten).



## NATURHAUSHALTSFUNKTIONEN VON UFERGEHÖLZEN



**Strukturgeber**



**Rückhalt**



**Klimaanlage**



**Initialzündler**



**Nahrungsgrundlage**



**Biotopvernetzung**



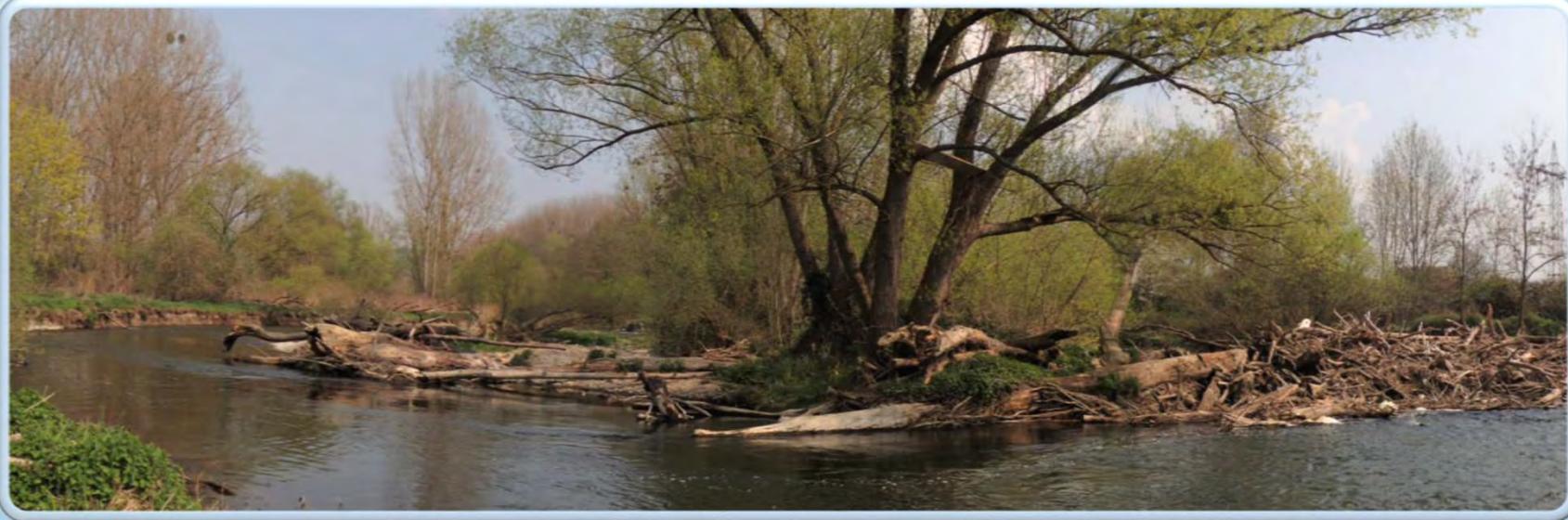
**Totholzquelle**



**Lebensräume,  
aquatisch + terrestrisch**



**Filteranlage**



WELCHE BAUMARTEN BRINGEN DEN GRÖßTEN MEHRWERT?

## Schwarzerle

(*Alnus glutinosa*)

Natürliche Waldgesellschaften:

- Erlen-Bachauenwald (*Stellario nemori-Alnetum*)
- Erlen-Sumpfwald (*Circaeo-Alnetum glutinosae*)
- Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*)

Im Uferbereich unmittelbar an der Wasserlinie!



- Typische Pionierbaumart der tieferen Lagen auf nassen, nicht zu sauren Standorten; rasche Keimung auf Rohböden. Baumart mit der höchsten Verdunstung.
- Wuchshöhe 30 bis max. 40 m. Alter: 100 - 120, selten bis 150 Jahre.
- Mit ihrer extremen Toleranz gegenüber Nässe verdrängt sie die Esche auf nasseren Standorten. Ihre mittleren Ansprüche an Basen- und Nährstoffversorgung führt dazu, dass sie auf sauren, nährstoffarmen Standorten von der Moorbirke verdrängt wird.
- Unter Wasser ist Erlenholz extrem beständig (Jahrzehnte bis Jahrhunderte).
- Ausbildung von Wurzelflächen (Wasserwurzeln) auf der Gewässersohle.
- Tiefreichendes Herzwurzelsystem (70 - 90 % des Wurzelstocks besteht aus Vertikalwurzeln; keine kräftigen Hauptseitenwurzeln, aber dennoch bis 4 m breites Wurzelwerk); in der Folge absolut „sturmsicher“; sofern sie nicht an der Böschungsoberkante übertiefer Kastenprofile stockt sehr resistent gegenüber der Morphodynamik eines Fließgewässers.
- Stickstoffsammler (Stickstoffbindung aus der Luft über Wurzelknöllchen, so dass sie auch stickstoffarme Standorte besiedeln kann) und Torfbildner.
- Relativ kurze Lebensdauer und sehr schnelles Wachstum bedingen sehr hohes Strukturregenerationspotenzial (= vergleichsweise schnell Totholzbereitstellung). Im Alter von ca. 20 Jahren erreicht sie 50 % ihrer Endhöhe, im Alter von 40 Jahren 85 % (LWF 2003).
- Zapfen und untergetauchte Zweige bzw. Totholz haben einen günstigen Einfluss auf das Wassermilieu.
- Aufkommende Junggehölze leiden infolge bestimmter Inhaltsstoffe kaum unter Wildverbiss.
- Mechanische Beschädigungen (z. B. Biberfraß) kompensiert die Schwarzerle durch Stockausschläge; verträgt daher auch gut Rückschnitte.
- Kadaververjüngung (= Keimlinge treiben auf liegendem Totholz aus).
- Wurzelhalsfäule infolge der Scheinpilzart *Phytophthora alni* führt unter Umständen zum Absterben von Bäumen (Verschleppung über die fließende Welle). Ziel muss die Entwicklung resistenter Bestände und nicht die Aufgabe der Baumart sein!

## Schwarzerle

(*Alnus glutinosa*)

Natürliche Waldgesellschaften:

- Erlen-Bachauenwald (*Stellario nemori-Alnetum*)
- Erlen-Sumpfwald (*Circaeo-Alnetum glutinosae*)
- Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*)



- Typische Pionierbaumart der tieferen Lagen auf nassen, nicht zu sauren Standorten; rasche Keimung auf Rohböden. Baumart mit der höchsten Verdunstung.
- Wuchshöhe 30 bis max. 40 m. Alter: 100 - 120, selten bis 150 Jahre.
- Mit ihrer extremen Toleranz gegenüber Nässe verdrängt sie die Esche auf nasseren Standorten. Ihre mittleren Ansprüche an Basen- und Nährstoffversorgung führt dazu, dass sie auf sauren, nährstoffarmen Standorten von der Moorbirke verdrängt wird.
- Unter Wasser ist Erlenholz extrem beständig (Jahrzehnte bis Jahrhunderte).
- Ausbildung von Wurzelflächen (Wasserwurzeln) auf der Gewässersohle.
- Tiefreichendes Herzwurzelsystem (70 - 90 % des Wurzelstocks besteht aus Vertikalwurzeln; keine kräftigen Hauptseitenwurzeln, aber dennoch bis 4 m breites Wurzelwerk); in der Folge absolut „sturmsicher“; sofern sie nicht an der Böschungsoberkante übertiefer Kastenprofile stockt sehr resistent gegenüber der Morphodynamik eines Fließgewässers.
- Stickstoffsammler (Stickstoffbindung aus der Luft über Wurzelknöllchen, so dass sie auch stickstoffarme Standorte besiedeln kann) und Torfbildner.
- Relativ kurze Lebensdauer und sehr schnelles Wachstum bedingen sehr hohes Strukturregenerationspotenzial (= vergleichsweise schnell Totholzbereitstellung). Im Alter von ca. 20 Jahren erreicht sie 50 % ihrer Endhöhe, im Alter von 40 Jahren 85 % (LWF 2003).
- Zapfen und untergetauchte Zweige bzw. Totholz haben einen günstigen Einfluss auf das Wassermilieu.
- Aufkommende Junggehölze leiden infolge bestimmter Inhaltsstoffe kaum unter Wildverbiss.
- Mechanische Beschädigungen (z. B. Biberfraß) kompensiert die Schwarzerle durch Stockausschläge; verträgt daher auch gut Rückschnitte.
- Kadaververjüngung (= Keimlinge treiben auf liegendem Totholz aus).
- Wurzelhalsfäule infolge der Scheinpilzart *Phytophthora alni* führt unter Umständen zum Absterben von Bäumen (Verschleppung über die fließende Welle). Ziel muss die Entwicklung resistenter Bestände und nicht die Aufgabe der Baumart sein!



**SCHWARZERLE (ALNUS GLUTINOSA)**



**WASSERWURZELN**



**WURZELUNTERSTÄNDE**



**MORPHODYNAMISCHE  
INITIALSTRUKTUREN**

## Strukturbildungspotenzial von Schwarzerlenwurzeln



## Morphologie eines typischen Barben-Habitats

- Strömungsliebende (rheophile) Art in klaren, schnell fließenden mittelgroßen bis großen Flüssen mit kiesigem Grund. Sie lebt bodenorientiert und wird bis zu 90 cm groß. Gesellige, häufig schwarmbildende Art.
- Binnenwanderfischart = **Mitteldistanzwanderer** (bis zu > 100 km)
- **Tägliche Wanderungen bis zu > 20 km** (= Wechsel zwischen Teilhabitaten, insbesondere den Aufenthalts- und Nahrungshabitaten)

### Räumliche Habitatanforderungen

#### **Durchgängigkeit!**

**Freifließende Vollwasserstrecke auf mindestens 5 km\* Fließstrecke**  
 = keine unüberwindbaren Querbauwerke, keine längeren Rückstaubereiche (< 1 km), keine relevanten Ausleitungen

Strukturell besonders anspruchsvolle Fischarten

Raumbedarf (Habitat)

Barbe	≥ 5 km
Nase	≥ 5 km
Äsche	≥ 2 km
Lachs	≥ 500 m
Bachforelle	wenige 100 m
Groppe	< 100 m
Bachneunauge	wenige 100 m
Stilgwässerarten	einzelfallabhängig

Weitere Arten, wenn aus fachlicher Sicht geboten (z. B. regional seltene oder endemische Arten)

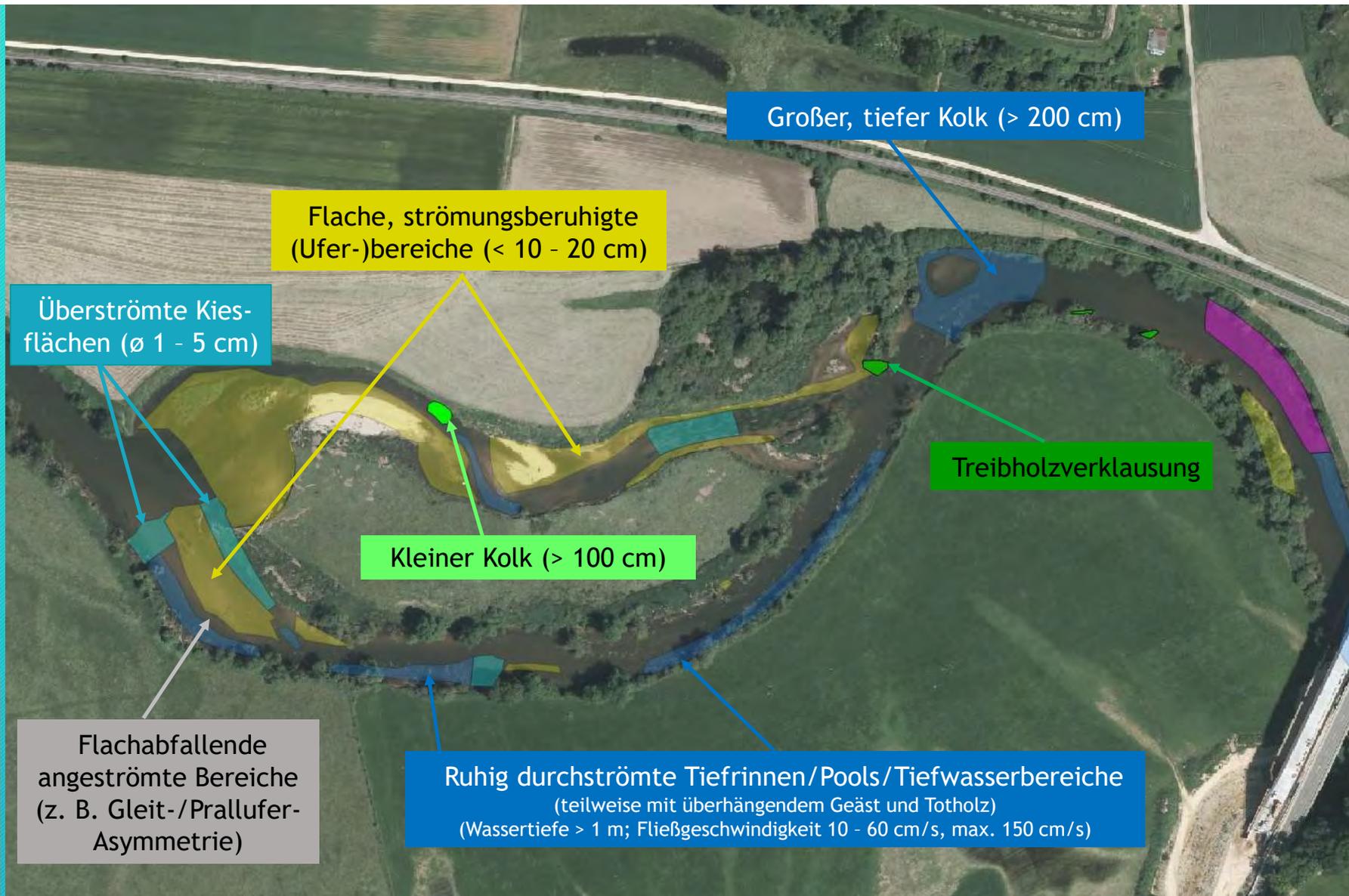
Erforderliche Teilhabitate eines Barben-Ökotops (Mindestgröße)

1. Laichhabitat = überströmte Kiesflächen (≥ 50 m<sup>2</sup>)
2. Brütlinge = flache, strömungsarme Uferbereiche (≥ 8 m<sup>2</sup>)
3. Juvenile = flach abfallende, angeströmte Bereiche (≥ 20 m<sup>2</sup>)
4. Adulte, Juvenile = Tiefrinnen, ruhig durchflossen (≥ 50 m<sup>2</sup>)
5. Adulte, Juvenile = Deckungsstrukturen, kleine Kolke (≥ 6 m<sup>2</sup>)
6. Adulte = große, tiefe Kolke (≥ 15 m<sup>2</sup>)

**Räumliche Vernetzung beachten!**



2. unmittelbar unterhalb 1. sowie  
6. < 50 m entfernt von 1.



## Kiesige, unkolmattierte (= locker gelagerte) Laichhabitate im Tiefland

(Querbänke, Wurfbänke, Längsbänke: Ø 1 - 5 cm, Optimum: 2 - 3 cm, Fließgeschwindigkeit = 30 - 60 cm/s).

**AUGE**

### Vernetzung mit

- Elterntier-Einständen (< 50 m) und
- Flachwasserhabitaten für Brütlinge (unterstromseitig)



## Flache strömungsberuhigte Bereiche (Wassertiefe < 20 cm, Optimum < 10 cm).



**Vernetzung:**  
- Unterstromseitig der Laichhabitate



## Flach abfallende Uferbereiche mit Strömungs- und Tiefengradient (typischer Weise in Laufkrümmungen (Gleit-/Prallufer-Asymmetrie)).

AUGE



**Tiefe, strömungsberuhigte Bereiche, optimalerweise mit Sichtschutz von oben**  
(Sturzbäume, überhängendes Geäst, Geschwemmsel-Teppiche, Treibholzverkläuerungen).

**AUGE**







**VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT!**

**AUGE**

Büro für Auen- und Gewässerentwicklung  
Dipl.-Geograph Raimund Schüller  
Beierweg 51, 53359 Rheinbach  
E-Mail: [geogen@t-online.de](mailto:geogen@t-online.de)  
Tel. 02225 - 703 22 66