

Dimensionen der Klima-Resilienz von Gewässern

Dipl.-Ing. Christoph Linnenweber
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Christoph.Linnenweber@lfu.rlp.de



THEMEN

1. Klimawandel und Resilienz
2. Klimawandel bis 2100
3. Landschaftswasserhaushalt und Grundwasser
4. Tiefenerosion und Entwässerung
5. Erfolgsfaktor Entwicklungskorridor
6. Erfolgsfaktor Beschattung
7. Hochwasser- und Starkregenvorsorge
8. Herausforderungen der Umsetzung



1. Klimawandel und Resilienz

These:

Die aktuellen Daten des KLIWA Projektes zeigen:

die exponentielle Entwicklung des Klimawandels in Deutschland ist schneller als das Modell "weiter wie bisher" !

Wir können aber die globale Entwicklung des Klimawandels nicht umfassend mit einer vorbildlichen eigenen CO2 Gegensteuerung beeinflussen !

Die Stärkung der Resilienz in eigener Regie hat eine unmittelbar wirksame Funktion !



2. Klimawandel bis 2100 (in Rheinland-Pfalz)

Aktuell:

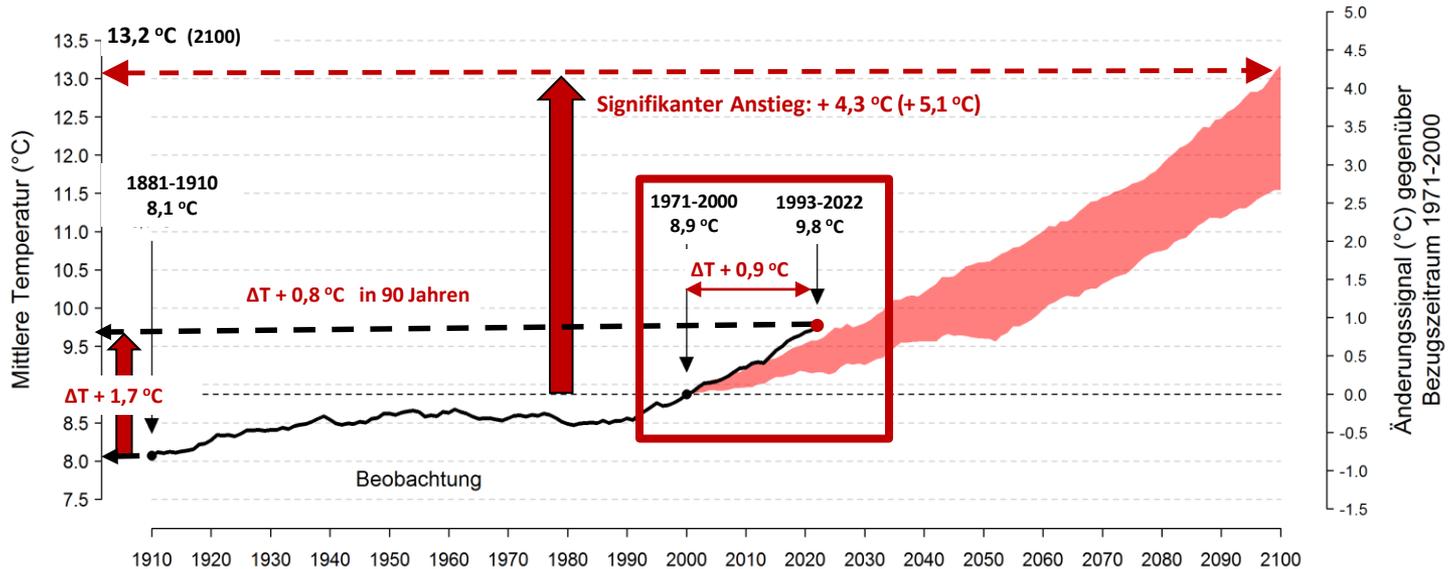
- Mittlere Jahrestemperatur aktuell +1,7 Grad
- **Frühjahr +1,7 Sommer +1,6 Winter +1,8**
- Weniger Niederschlag im Sommer
- Lange Hitzewellen im Sommer bis 40 Grad
- Vegetationsperiode um 4 Wochen verlängert
- Lange Trockenphasen im Sommer, Dürren, Niedrigwasser
- Zunahme intensiver Starkniederschläge
- Extremhochwasser z.B. 2021 an der Ahr

Zukunftsplan Wasser Rheinland-Pfalz

Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt

Temperatur

Projektionen der Entwicklung der mittleren Temperatur im Kalenderjahr
im Bundesland Rheinland-Pfalz bis Ende des 21. Jahrhunderts



Dargestellt sind gleitende 30-jährige Mittelwerte. Das angegebene Jahr bezieht sich auf das Endjahr der 30-jährigen Periode; 2100 = Zeitraum 2071-2100. Zahlenangaben gerundet.

Beobachtungsdaten: DWD; Klimaprojektionen: KLIWA-Ensemble, bereitgestellt durch DWD (Datengrundlage CORDEX und ReKliE-De)

Darstellung: RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)

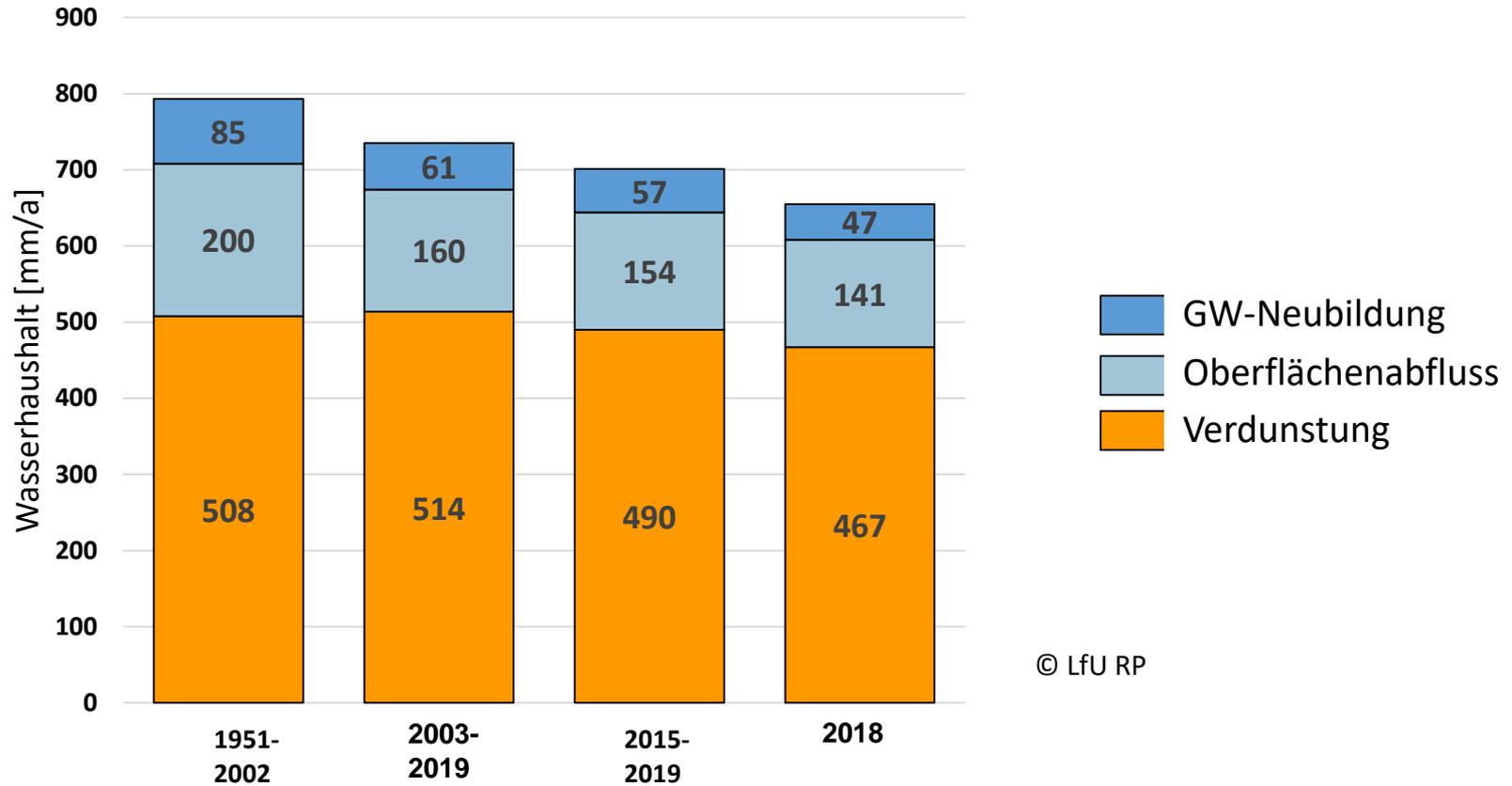
2. Landschaftswasserhaushalt und Grundwasser



	Mittel der Reihe 1951 - 2002 (52 Jahre)	Mittel der Reihe 2003-2019 (17 Jahre)	Abweichung
Temperatur	8,8° C	9,8° C	+ 1,0° C
Niederschlag	793 mm/a	735 mm/a	- 7 %
Tatsächliche Verdunstung	508 mm/a	514 mm/a	+ 1 %
Gesamtabfluss	285 mm/a	221 mm/a	- 22 %
Oberirdischer Abfluss	200 mm/a	160 mm/a	- 20 %
Grundwasser- neubildung	85 mm/a	61 mm/a	- 28 %



Wasserbilanz verschiedener Jahresreihen



© LfU RP

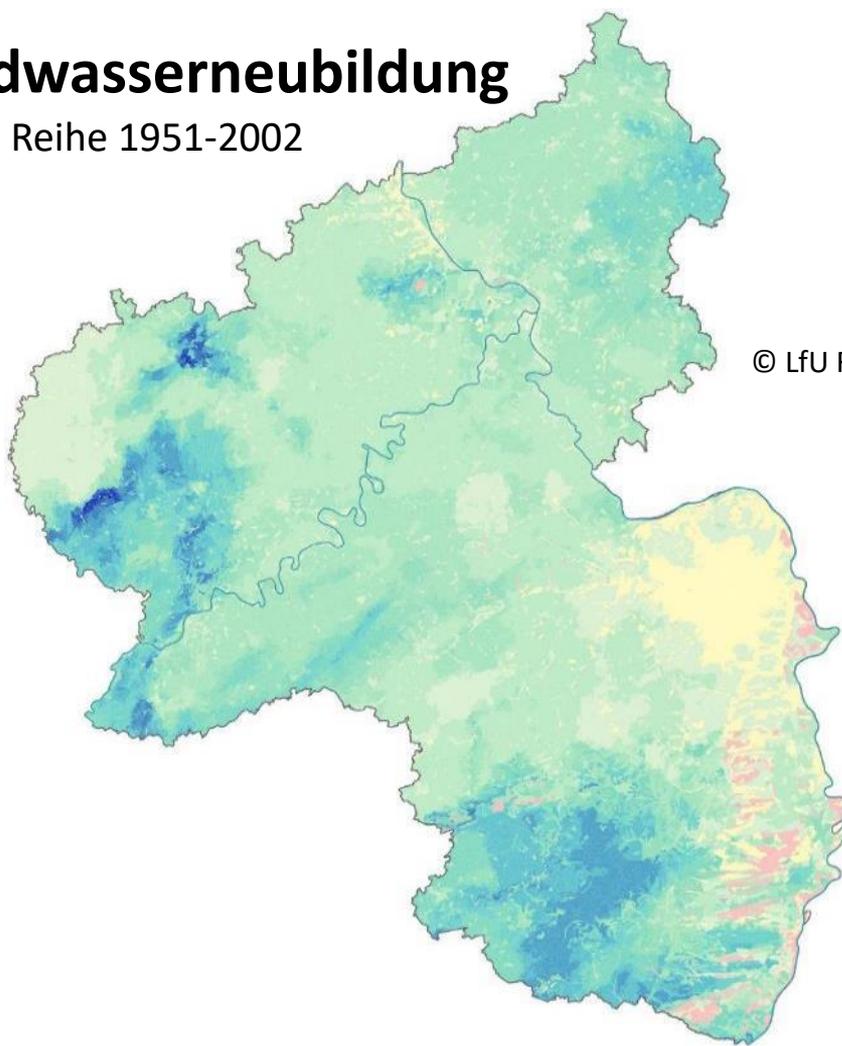


Gründe für die Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate:

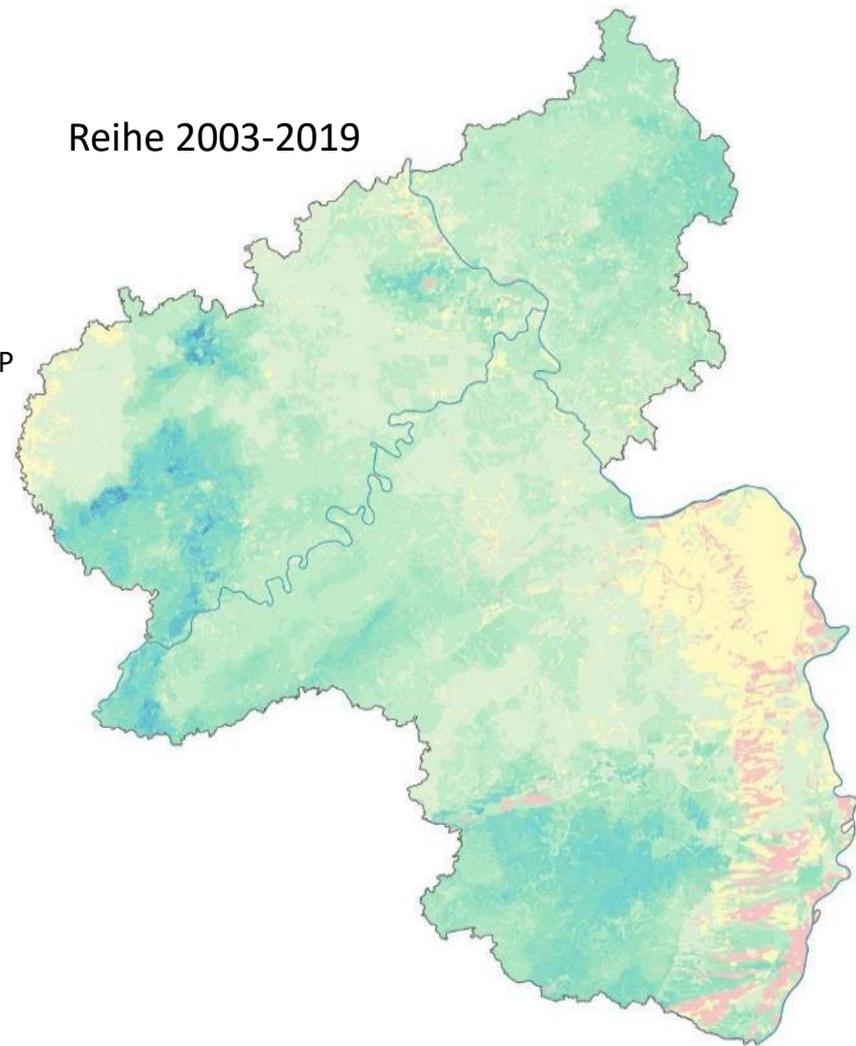
- 1. Grundwasserneubildung erfolgt fast nur in der vegetationsfreien Zeit**
- 2. Erhöhung der potentiellen Verdunstung**
durch höhere Temperaturen
- 3. Vegetationsperiode verlängert, mehr als 4 Wochen**
- 4. Schnelle Entwässerung der Landschaft**

Grundwasserneubildung

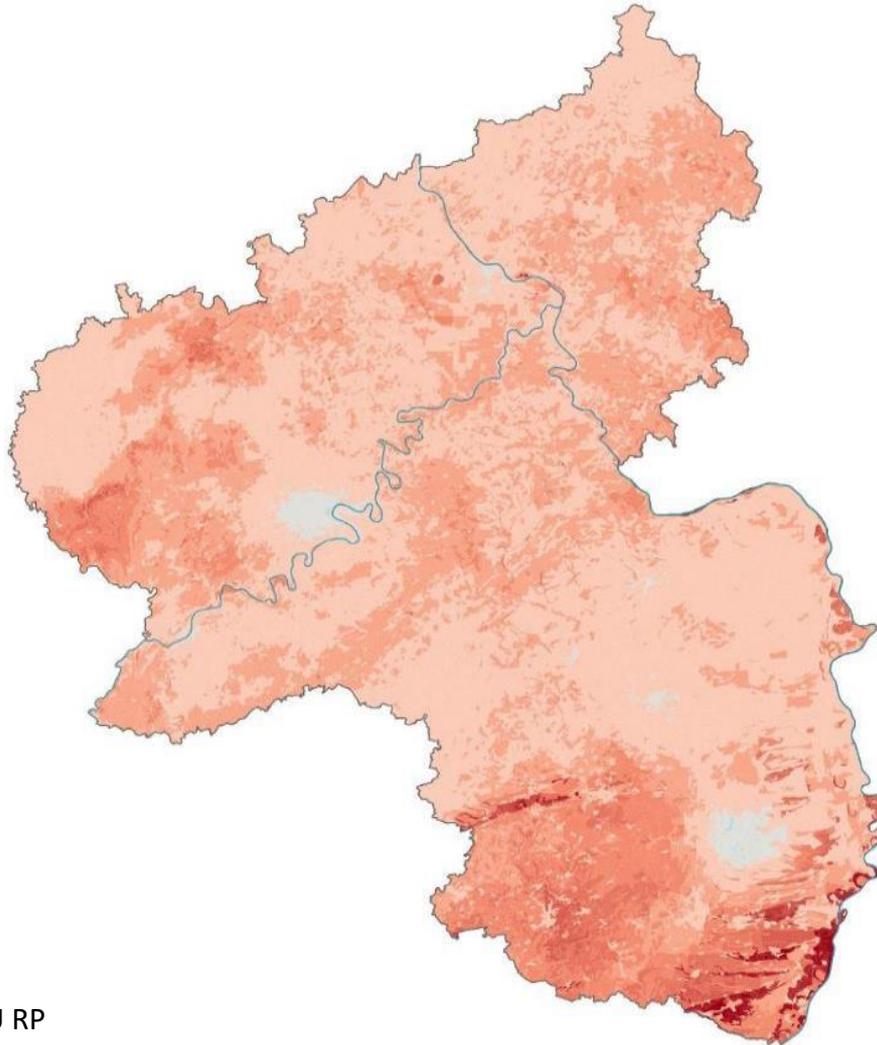
Reihe 1951-2002



Reihe 2003-2019



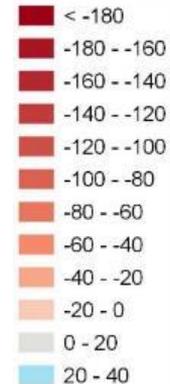
© LFU RP



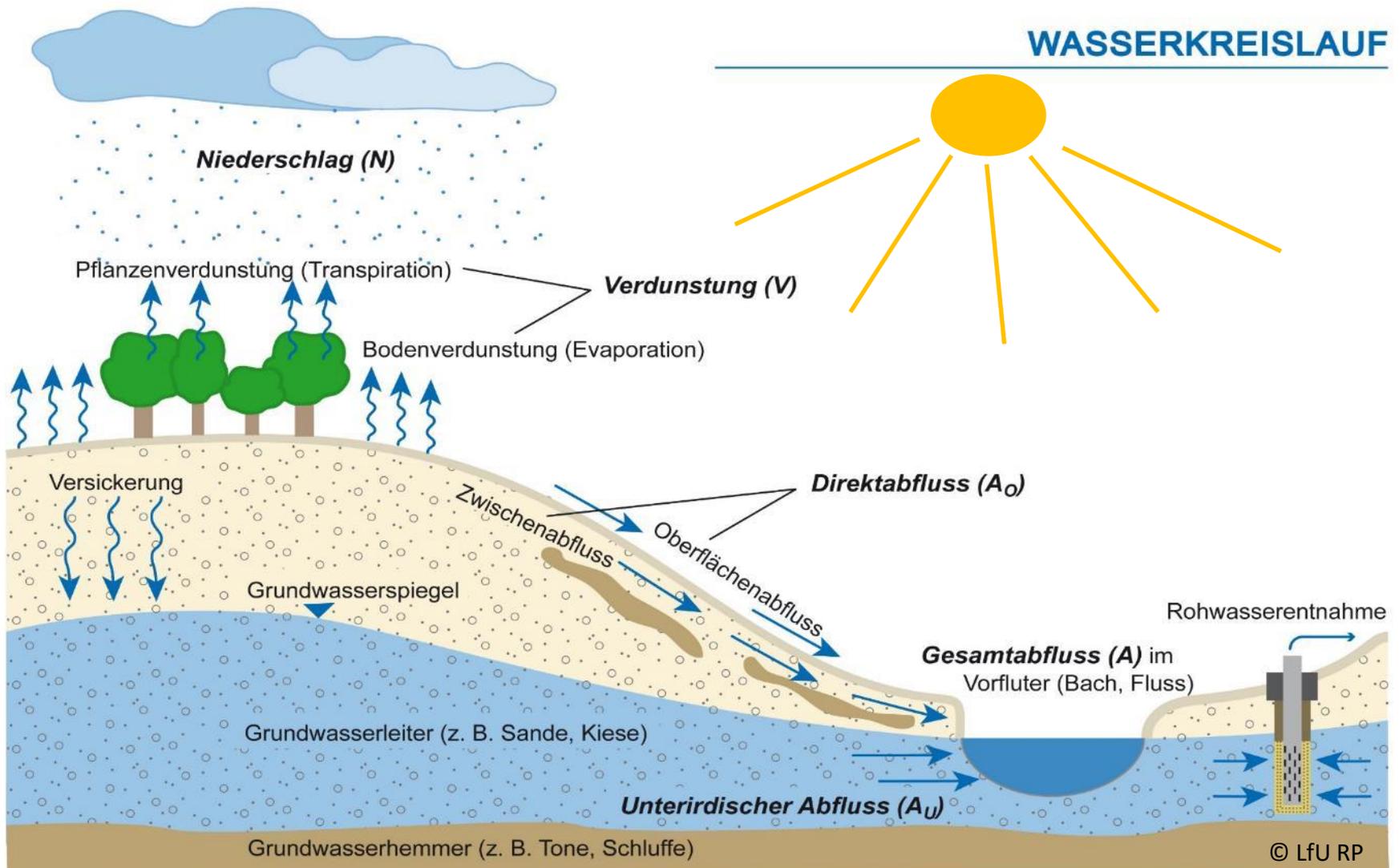
Abnahme der Grundwasserneubildung

(Reihe 1951-2002 minus Reihe 2003-2019)

Abnahme der Grundwasserneubildung
als Absolutwerte in [mm]



WASSERKREISLAUF



WASSERKREISLAUF



Wasserrückhalt in der Fläche
Bewirtschaftung anpassen
Bodenwasserhaushalt stärken
Strukturen schaffen

**Landwirtschaft
und
Forstwirtschaft**

Strukturvielfalt
regenerieren
pool and riffle
Kolke etc.

Wasserwirtschaft
Tiefenerosion verhindern
Sohlanhebung Geschiebe
Erforderliche Bettbreite
Erforderlicher Korridor
Entwässerung reduzieren
Grundwasser halten

Grundwasserhemmer (z. B. Tone, Schluffe)



Fazit Landschafts- Wasserhaushalt

- Eine relativ geringe mittlere Temperaturerhöhung hat **große Auswirkungen auf den Wasserhaushalt**
- Die Grundwasserneubildung und das nutzbare **Grundwasserdargebot wird deutlich zurückgehen**
- Wir müssen wieder mehr Wasser in der Landschaft halten (**Schwammlandschaft statt Entwässerung**)
- **Niedrigwassersituationen** durch Schwammlandschaft begrenzen
- **Wassertemperatur** und Verdunstung durch **Beschattung** begrenzen
- **CO2 Temperaturanstieg begrenzen !**
-

3. Tiefenerosion und Entwässerung (EG-WRRL)



Hydromorphologie

- Hydrologie (**Wasserhaushalt**)
- Morphologie (**Struktur, Gewässerbett**)
- **Durchgängigkeit** (Tiere und Sedimente)

... **Bewirtschaftung**

Chemisch- physikalische Belastung

- Nährstoffe
- Schadstoffe
- Temperatur, Schwebstoffe etc.

... **Bewirtschaftung**

Indikatoren

- Fische
- Kleine Wassertiere
- Wasserpflanzen
- Plankton

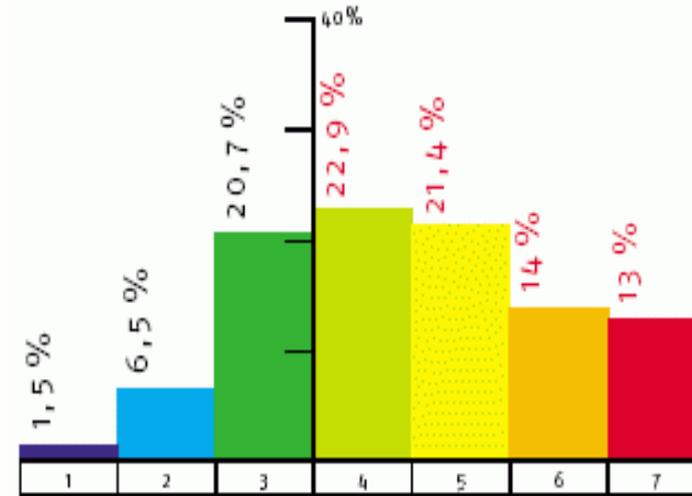
... **Monitoring**



Gewässerstrukturgüte 2000



30% : 70%



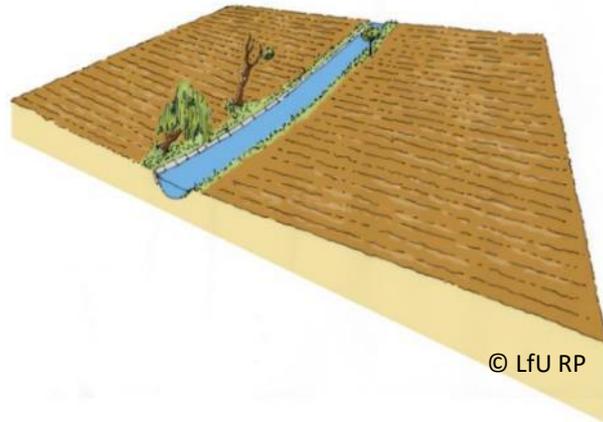
- 1 unverändert
- 2 gering verändert
- 3 mäßig verändert
- 4 deutlich verändert
- 5 stark verändert
- 6 sehr stark verändert
- 7 vollständig verändert

Gewässerentwicklung



Platz zurückgeben

Entwicklungskorridor
und
natürliche Gewässerbreite



Regenerative Energie
des bettbildenden Hochwassers
nutzen

© LfU RP

Entwicklungskorridor

Raum zurückgeben – Integration in die Kulturlandschaft



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT





Gewässerentwicklung

Form und Funktion



© LfU RP

Flach und breit – natürliches Auentalgewässer

Gewässerentwicklung

falsche Form, Fehlfunktion



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT



© LfU RP



**Tiefenerosion durch Hochwasser
nach Begradigung
und Einengung**

morphologisches Gleichgewicht



**verhindert
Tiefenerosion
und Fehlfunktion**



© LfU RP



Gewässerentwicklung

- die Lebewesen kehren zurück -

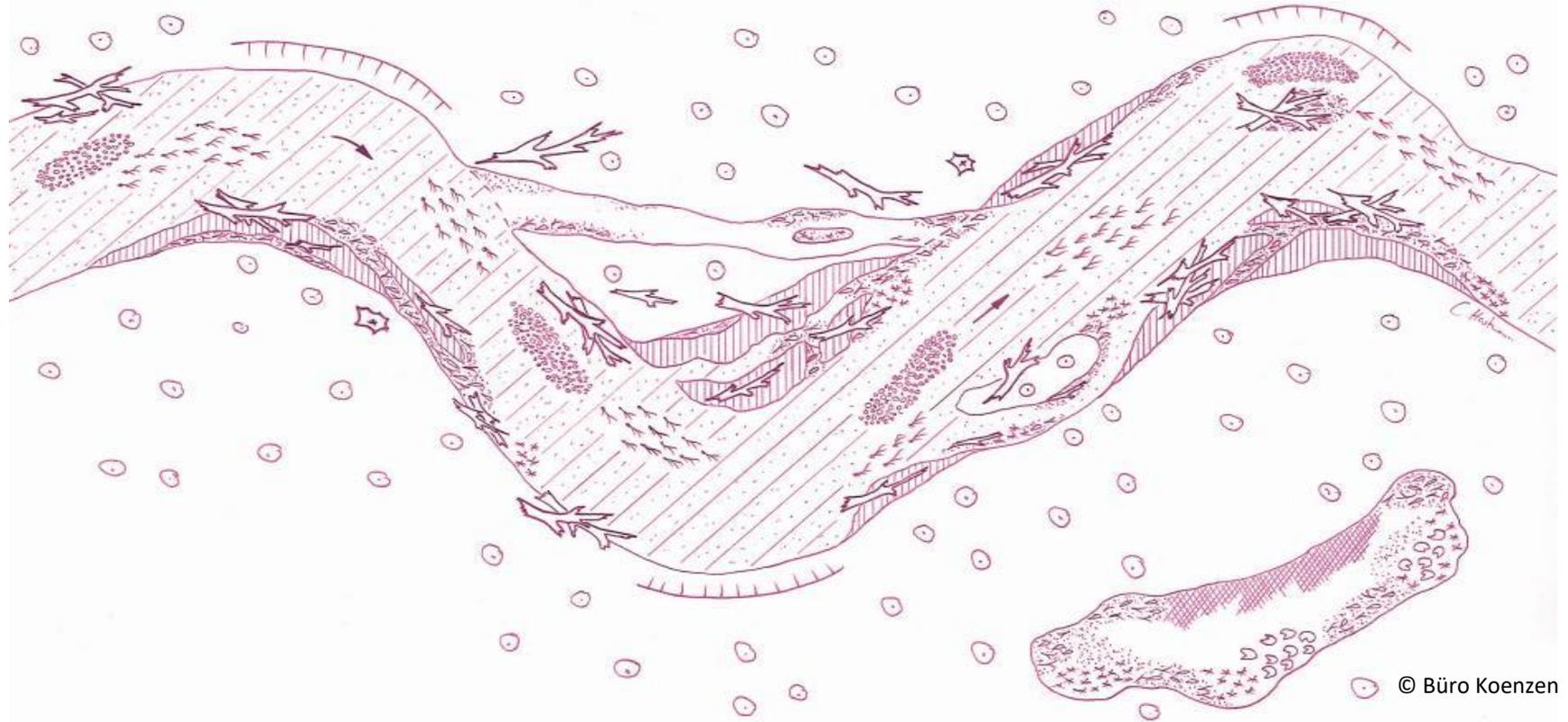


Rheinland-Pfalz
LANDESAMT FÜR UMWELT





Lebensraum für die Indikatoren





Wasserrahmenrichtlinie seit 2000

- **UBA 2022** - knapp 10% Zielerreichung (RP 22%)

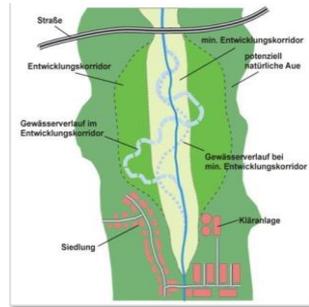
- **Lösung:**
 - Gewässerentwicklungskorridor**
 - Natürliche Gewässerbreite**
 - Geschiebemanagement** gegen Tiefenerosion
 - Sohlanhebung** gegen Entwässerung
 - Beschattung**

= Klima- Resilienz !

Gewässerentwicklungsflächen Physik der Hydromorphologie

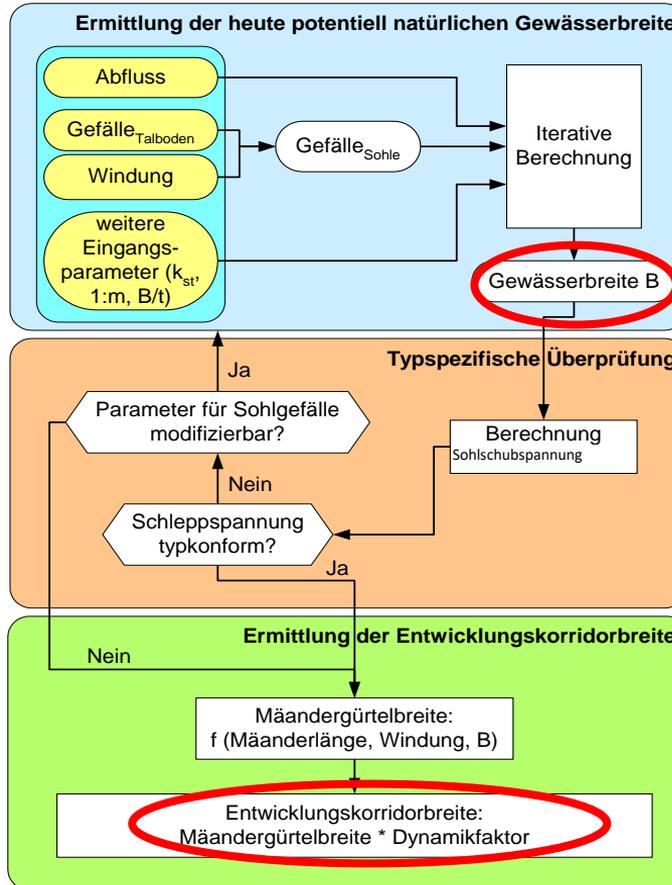


„Gewässerentwicklungsflächen in Rheinland-Pfalz“



**Auch als LAWA
Verfahrensempfehlung
für alle Gewässertypen der
Bundesländer verfügbar !**

Methodik

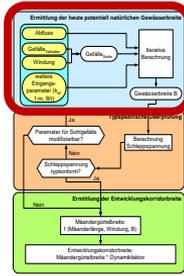


Ermittlung der heute potentiell natürlichen **Gewässerbreite**

Substratspezifische **Überprüfung**

Ermittlung der **Entwicklungskorridorbreite**

Gewässerbreite

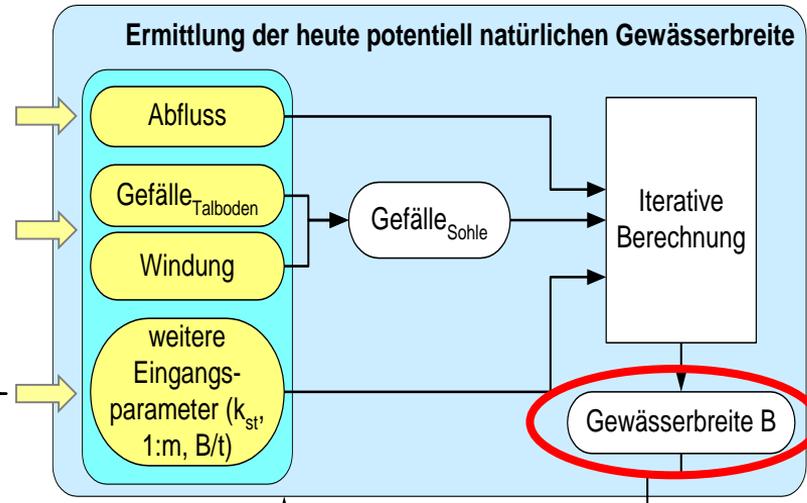


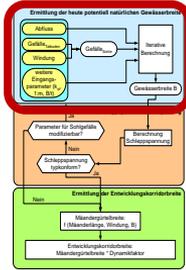
Ermittlung der heute potentiell natürlichen Gewässerbreite
aus hydraulischen Gesetzmäßigkeiten der Gerinneströmung
(Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler)

$$Q = A * v = A * k_{st} * r_{hydr}^{2/3} * \sqrt{I_{Sohle}}$$

In Abhängigkeit von:

- bordvollem Abfluss ($Q_{bordvoll}$)
- potentiell nat. Sohlgefälle (I_{Sohle})
- Rauheit (k_{st})
- Querschnittsform (A)
 - Böschungsneigung 1:m
 - Breiten/Tiefen-Verhältnis (B/t)





Ermittlung der Entwicklungskorridorbreite

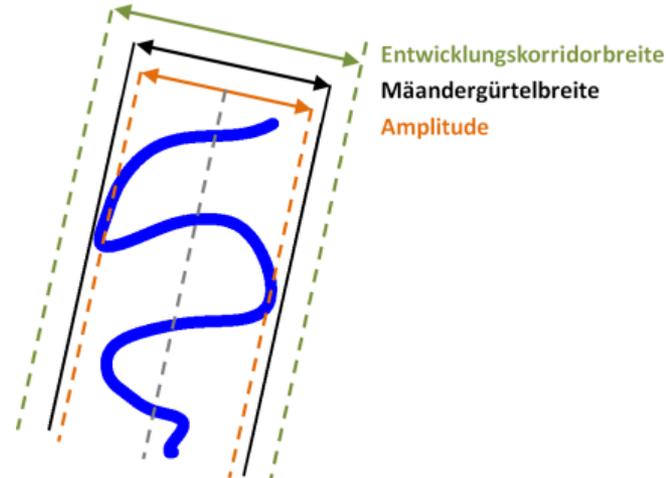
Entwicklungskorridor

→ Breite, die zur typkonformen Entwicklung „nötig“ ist

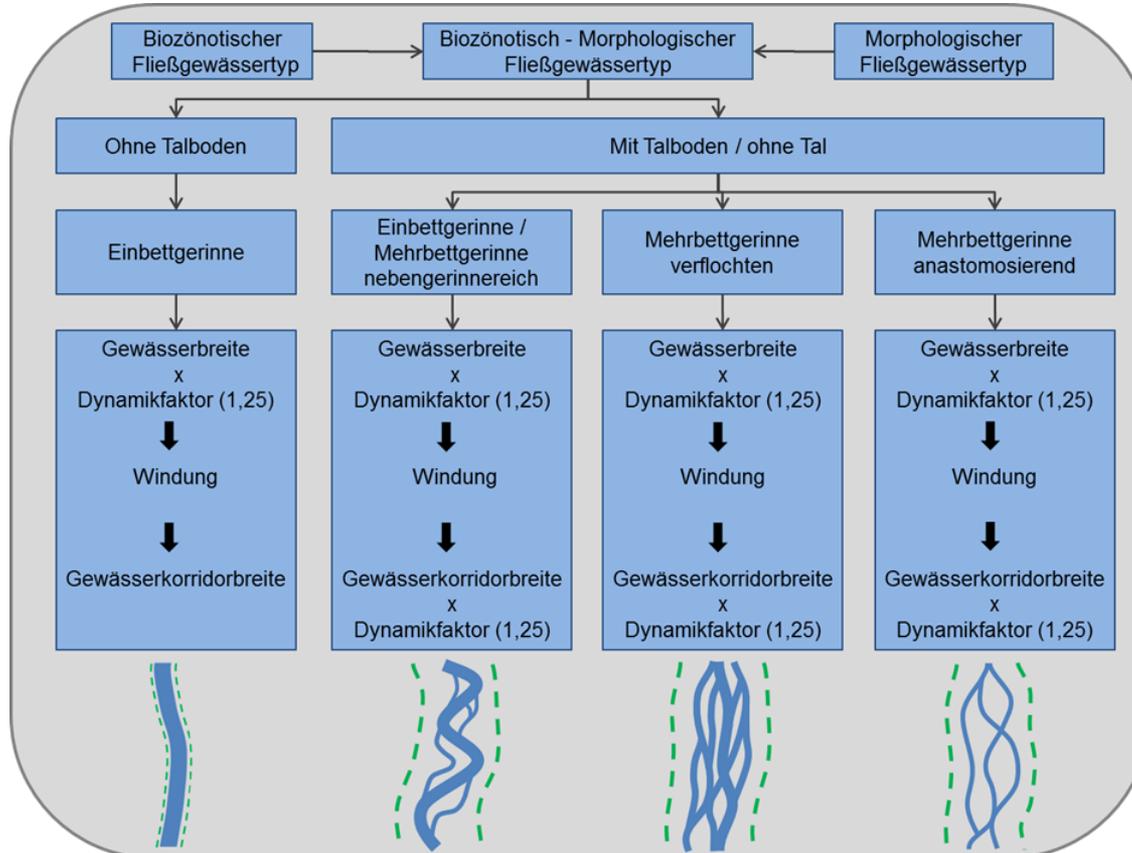
→ Mäandergürtelbreite hängt ab von:

- Gewässerbreite
- Windungsgrad

Mäandergürtelbreite =
Gewässerbreite + Amplitude



Methodik ist typspezifisch

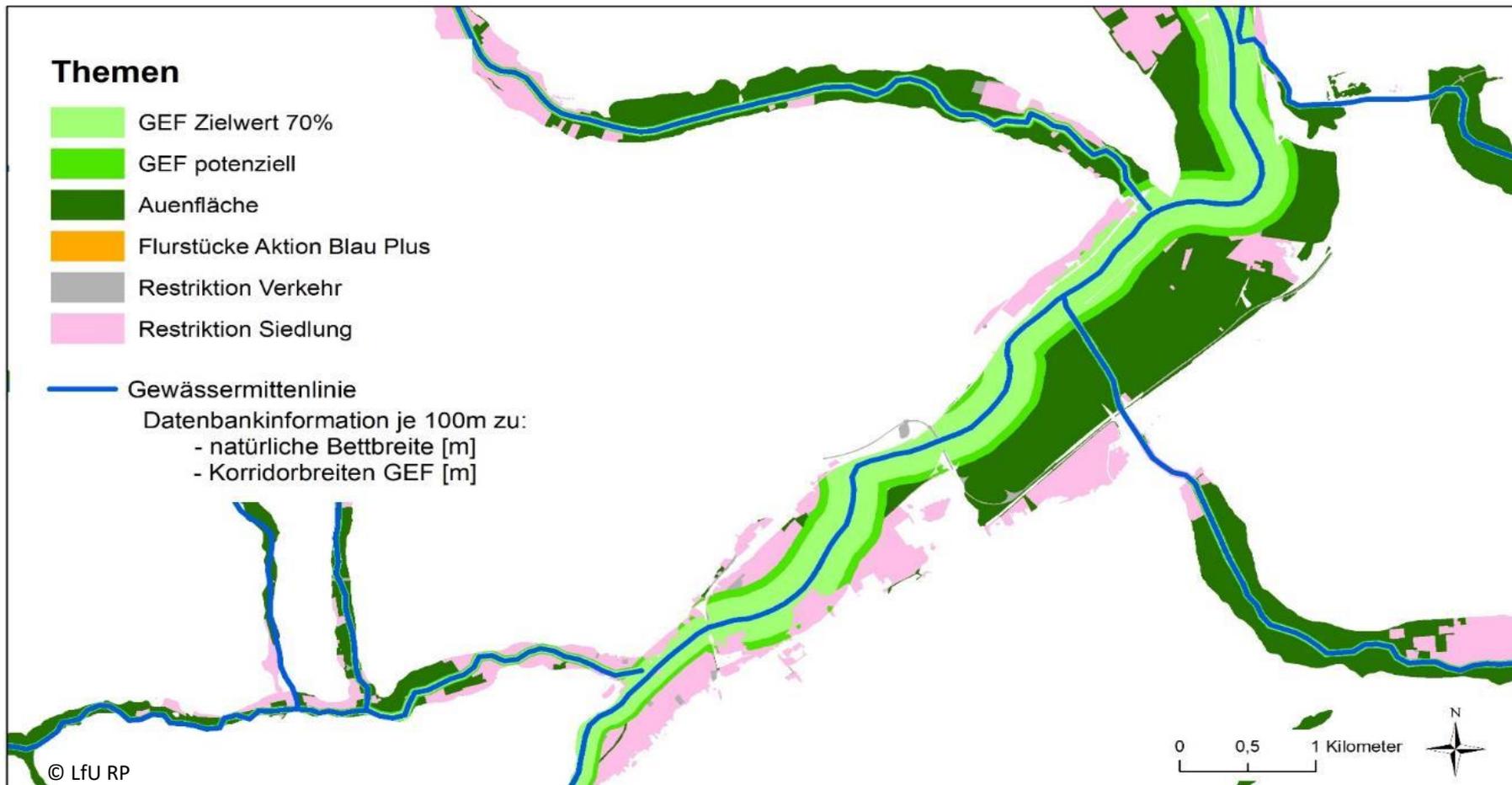


Informationssystem

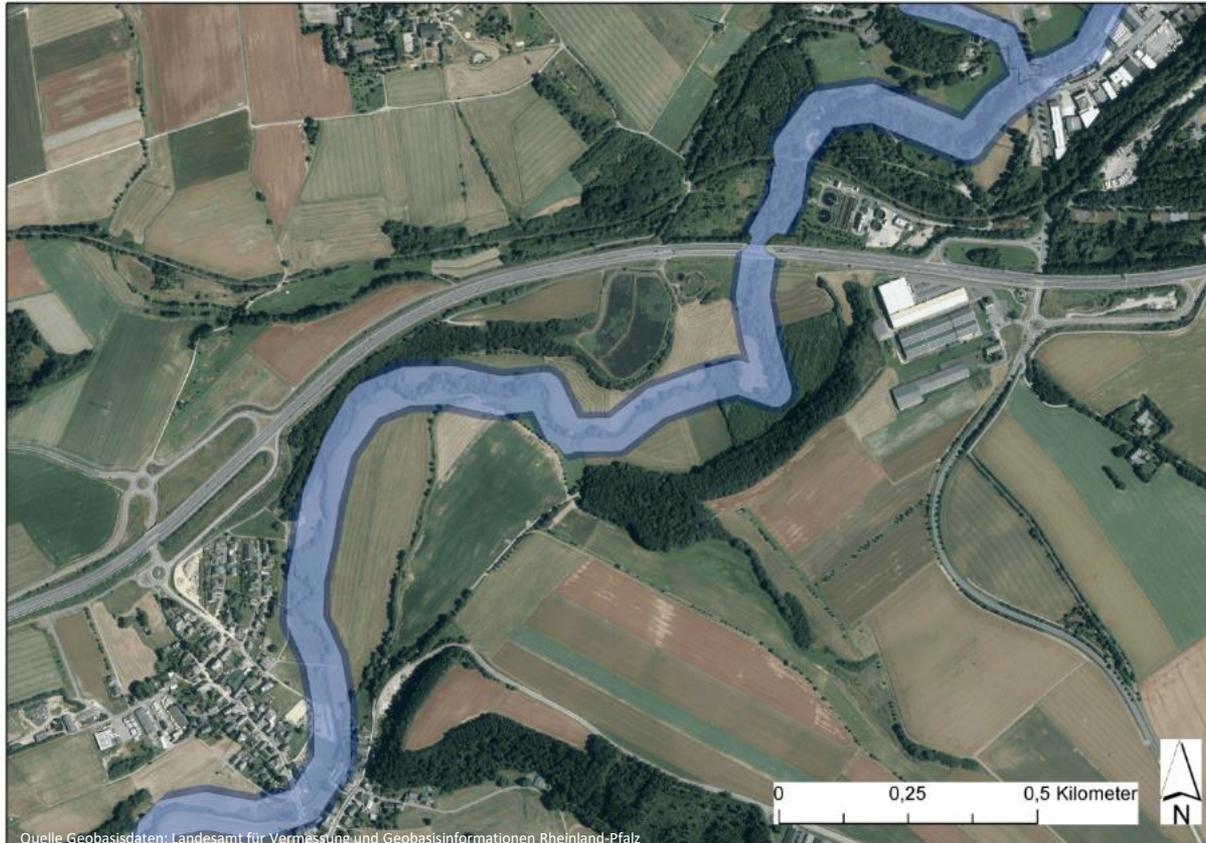
Produkte je 100 m Gewässerabschnitt

- **Typspezifische Gewässerbreite**
Berechnet aus regionalisierten Abflüssen nach genannter Fließformel
- **Fläche für den „guten ökologischen Zustand“**
Fläche die eine typspezifische Gewässerentwicklung für den „guten Zustand“ ermöglicht
- **Restriktionslagen**
Entwicklungskorridor, der wegen restriktiver Nutzungen wie Siedlung/Verkehr verbleibt
- **Ausgleichsflächen** um Gewässerentwicklung auch in Restriktionslagen zu ermöglichen

Gewässerentwicklungsflächen (GEF)

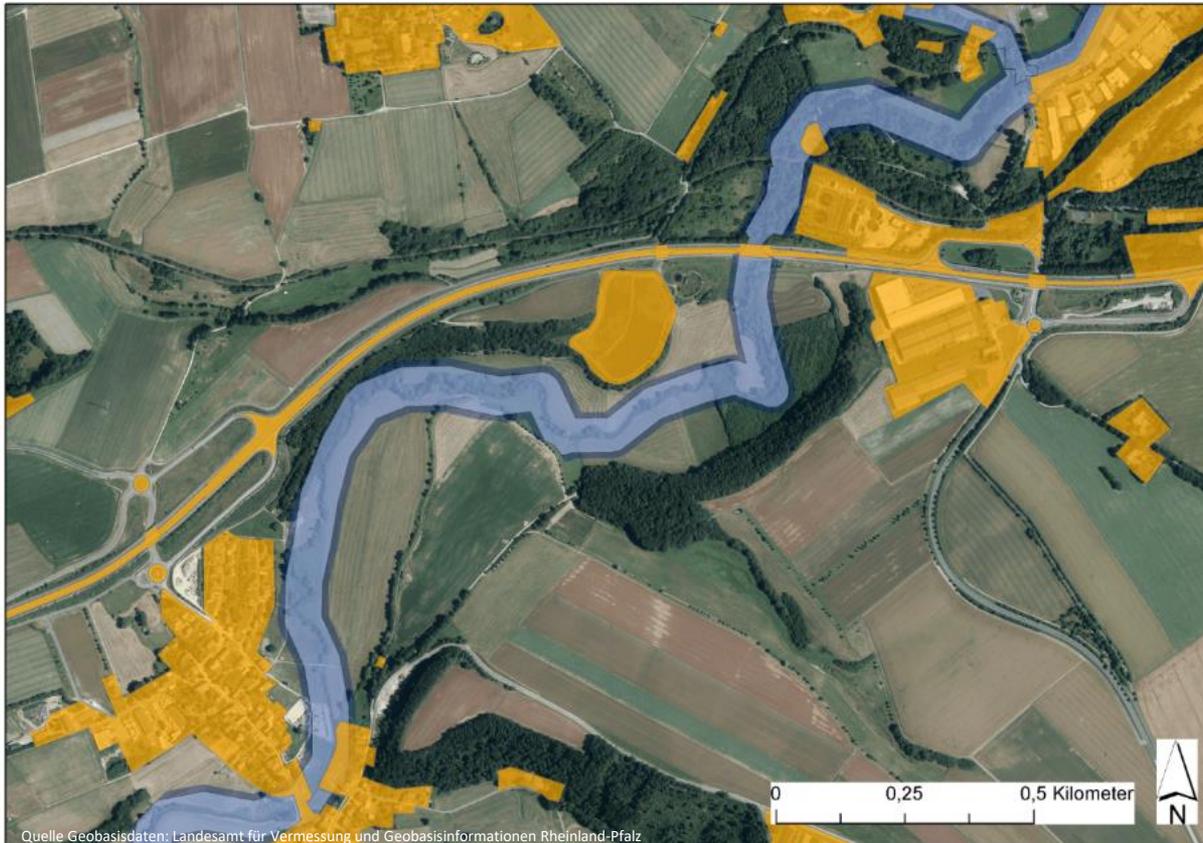


Darstellung des Entwicklungskorridors



**Beispiel
Auetalgewässer
Simmerbach**

Entwicklungskorridor Restriktionen



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

**Beispiel
Auetalgewässer
Simmerbach**

**Restriktionen
Siedlung und
Straßenbrücke**

Darstellung der potenziell natürlichen Gewässerbreite – Auetalgewässer (Simmerbach)



Erfolgsfaktor Fläche

Bilanz

Auenfläche in RP: 7,1 %

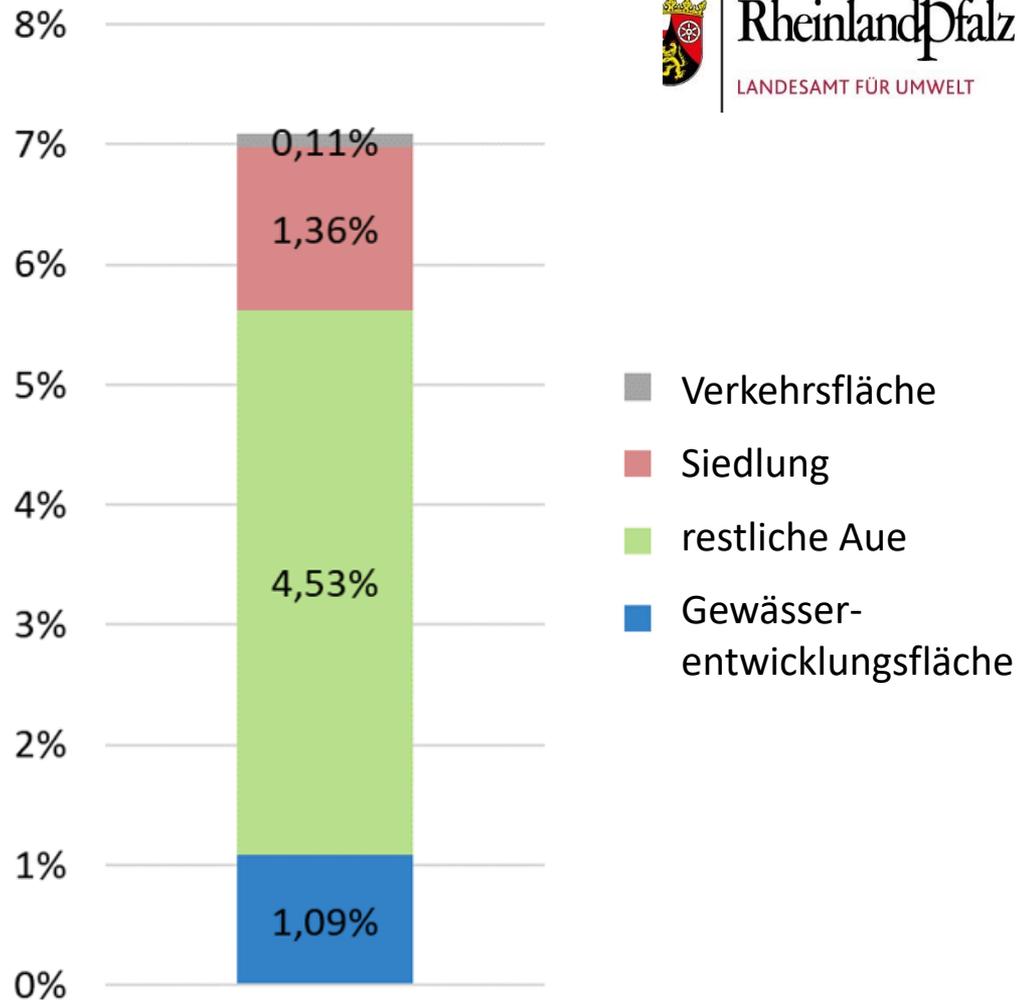
davon

0,11 % Verkehrsfläche

1,36 % Siedlungsfläche

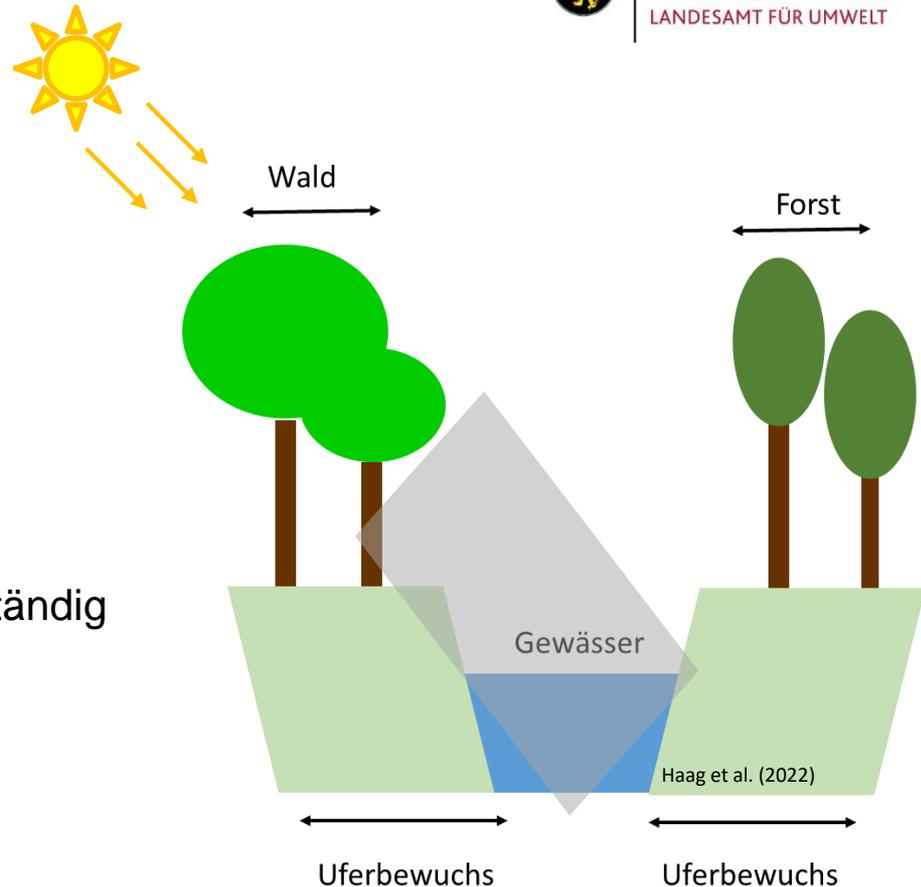
1,09 % typspezifische
Gewässerentwicklungsfläche

Anteil an der Landesfläche RLP



6. Erfolgsfaktor Beschattung

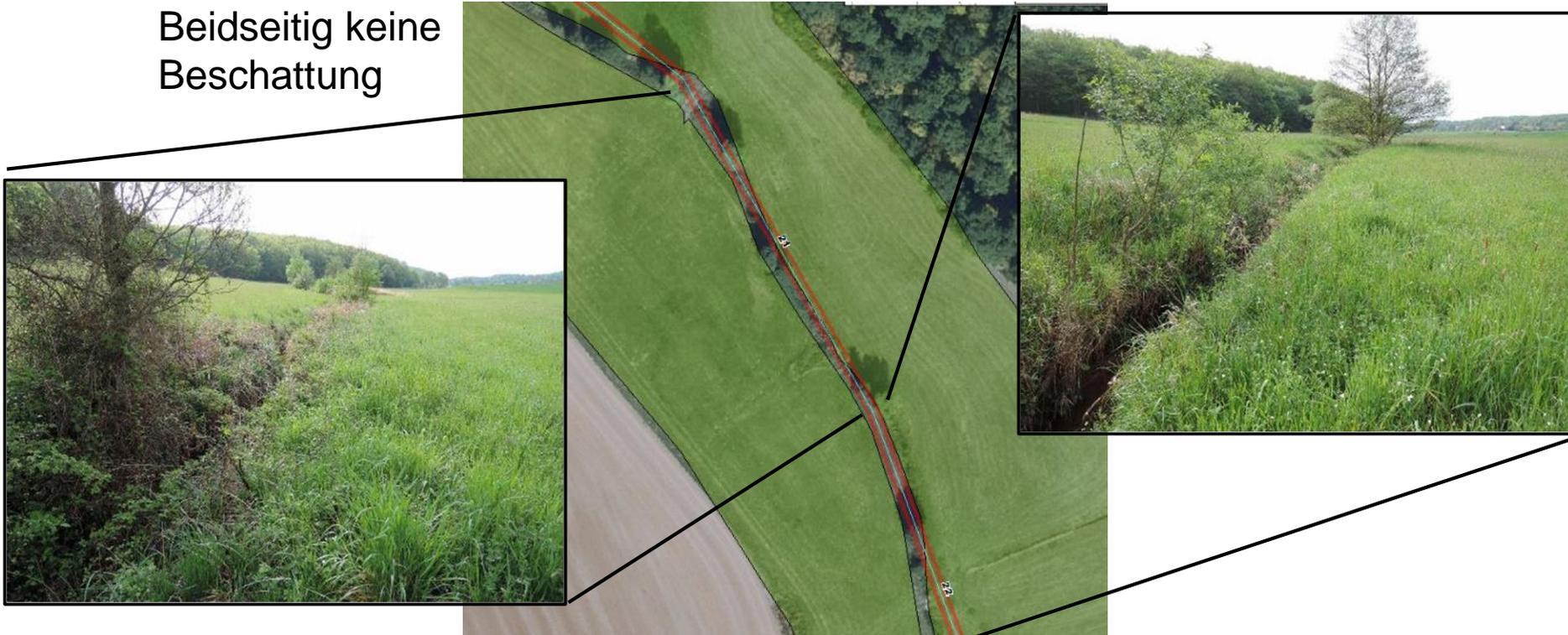
- Daten aus **Strukturgütekartierung**
- Hauptparameter 5: Uferstruktur
- **Uferbewuchs, links/rechts**
- Als beschattet eingestuft:
 - Wald; bodenständig
 - Galerie; bodenständig
 - teilweise Wald, Galerie; bodenständig
 - Forst; nicht bodenständig
 - Galerie; nicht bodenständig





Beschattung Beispiel

Beidseitig keine
Beschattung



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Beschattung Beispiel



Unbeschatteter Gewässerabschnitt mit
sehr tiefer Profiltiefe
Landkreis Donnersbergkreis



Beidseitig keine
Beschattung

Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Beschattung Beispiel Leitbild



Leitbild:
Profiltiefe ‚sehr flach‘
mit Beschattung



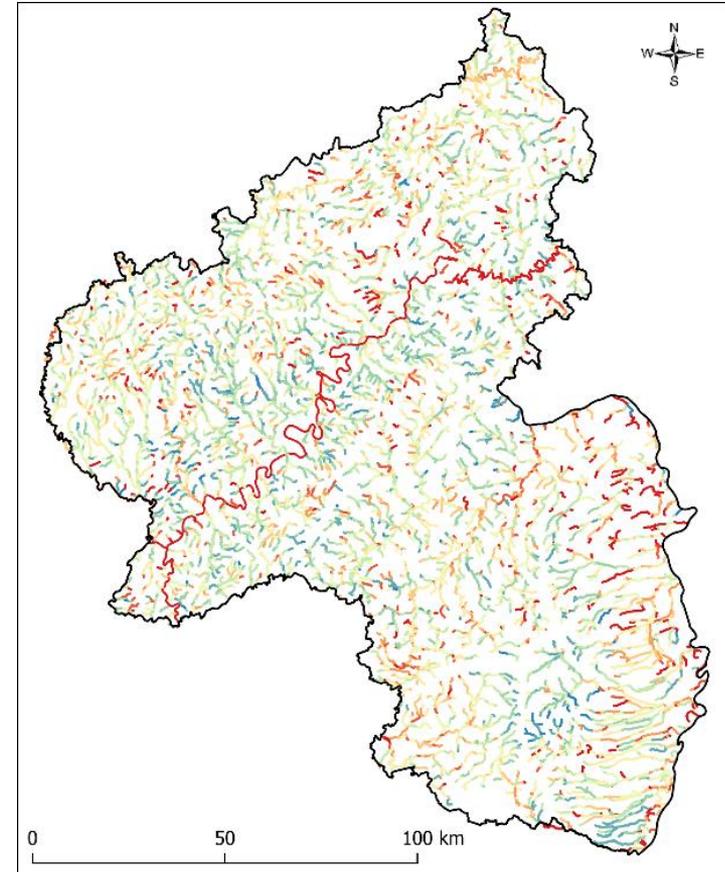
Ist-Zustand: Aktueller Zustand der Gewässerbeschattung

Beschattungsindex: Anteil der (direkten und diffusen) Sonnenstrahlung, die an einem 1. August mit 20% Bewölkung auf der Wasseroberfläche ankommt. (= Tagesmittel Fschatt 1. August mit 20% Bewölkung)

Beschattungsindex []:

- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.3
- 0.3 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.6
- 0.6 - 0.7
- 0.7 - 0.8
- 0.8 - 0.9
- 0.9 - 1.0

1.0 = voll
besonnt



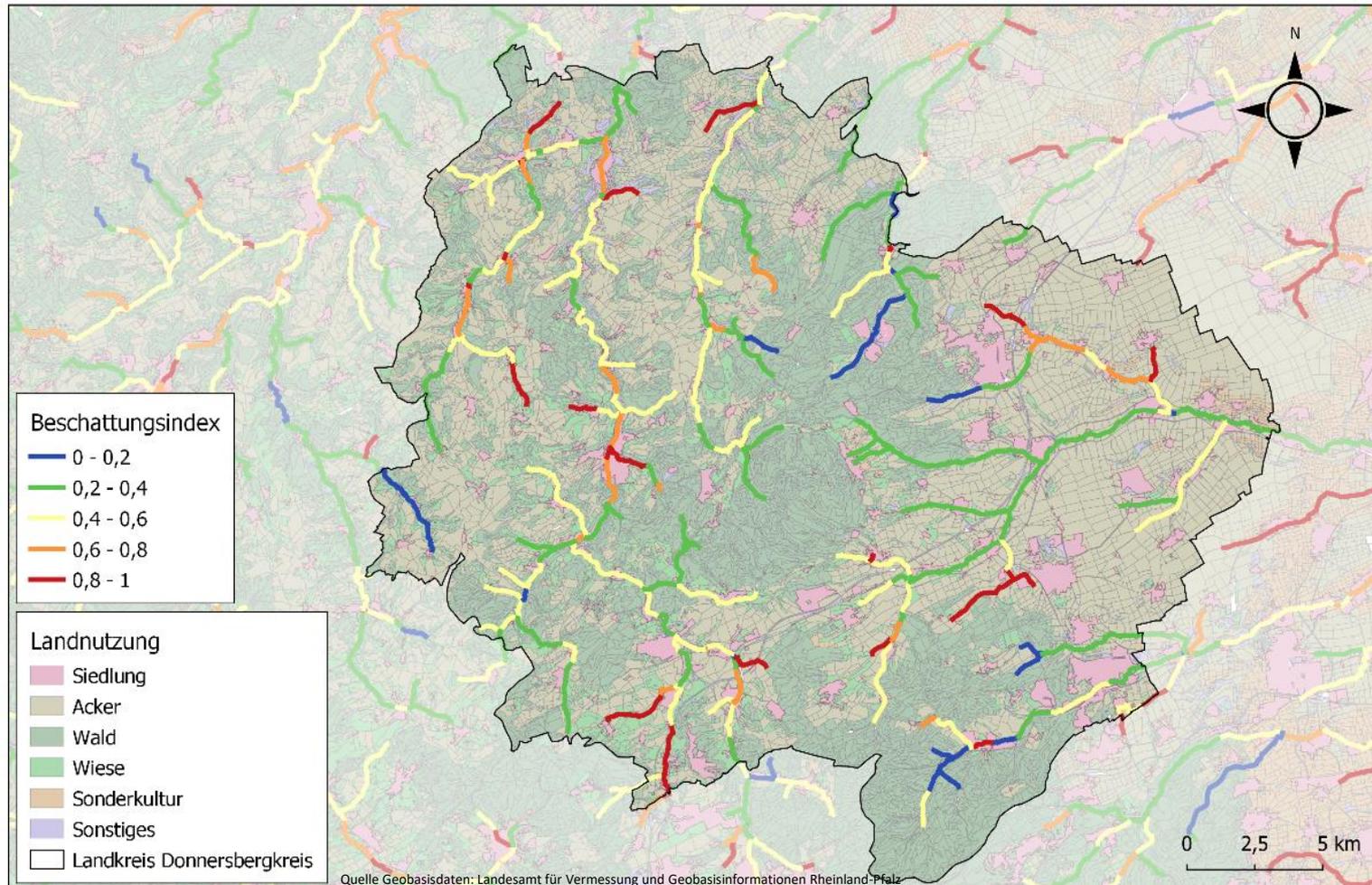
Ist-Zustand: Aktueller Zustand der Gewässerbeschattung



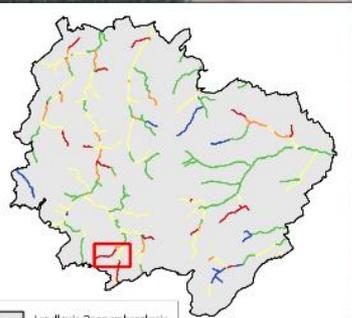
Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT

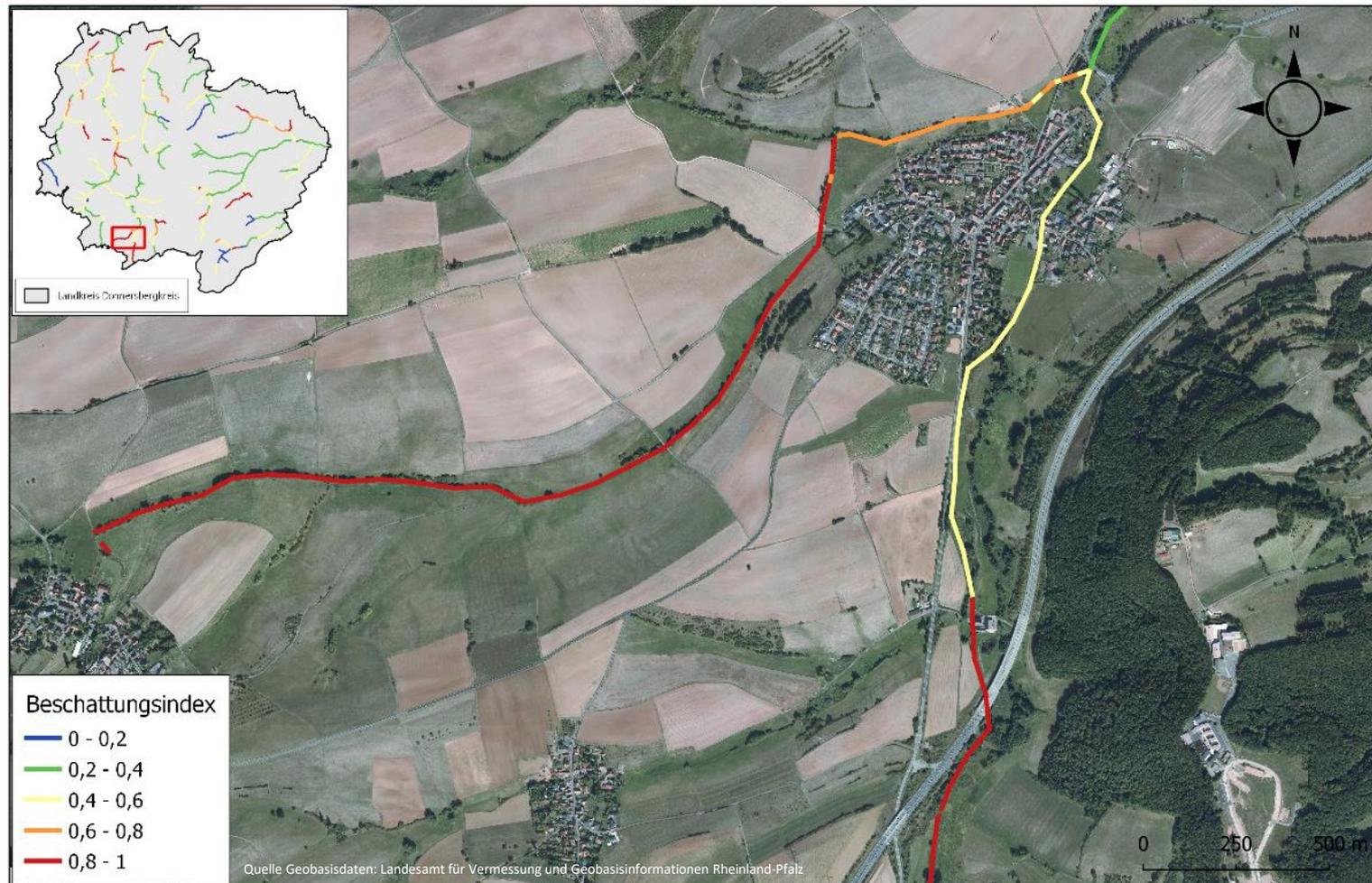
Kreis
Donnersberg



Ist-Zustand: Aktueller Zustand der Gewässerbeschattung



Landkreis Donnersbergkreis

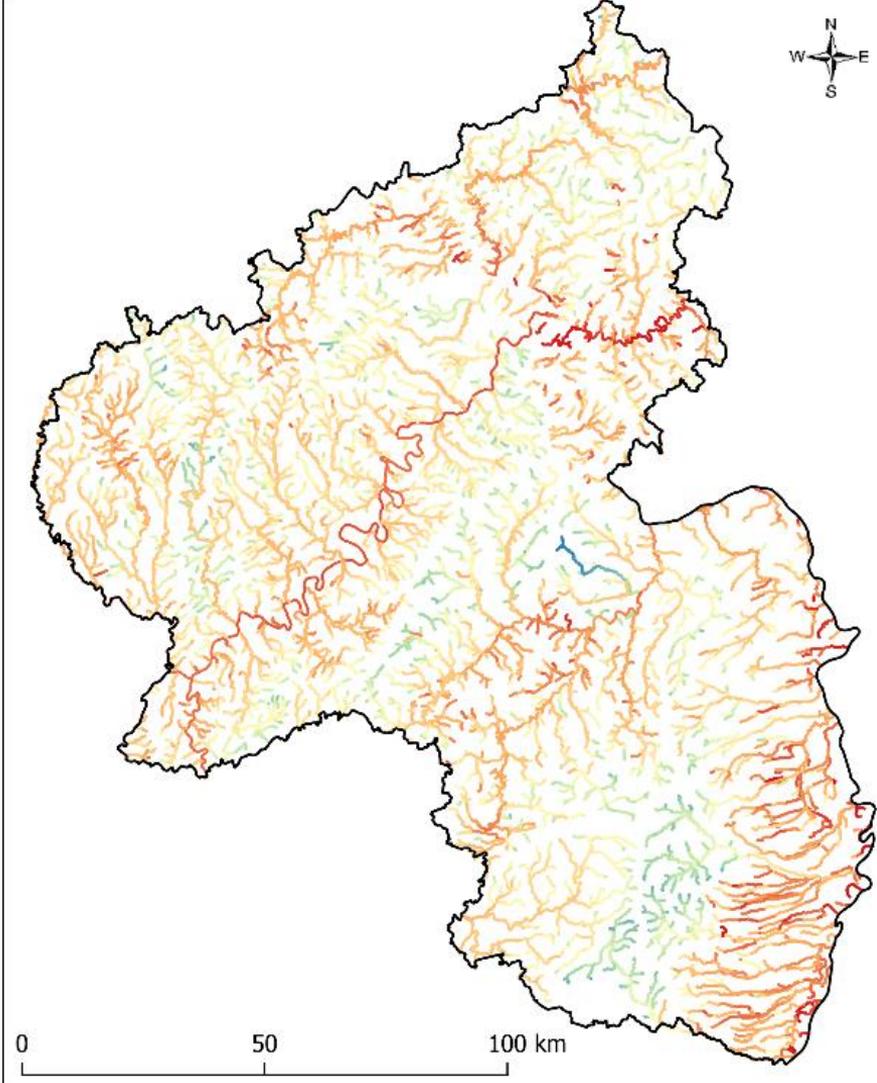


Ist-Zustand: Beispielhafte Ergebnisse

Maximales Tagesmittel Wassertemperatur 2003

Wassertemperatur [°C]

8.0 - 9.0	19.0 - 20.0
9.0 - 10.0	20.0 - 21.0
10.0 - 11.0	21.0 - 22.0
11.0 - 12.0	22.0 - 23.0
12.0 - 13.0	23.0 - 24.0
13.0 - 14.0	24.0 - 25.0
14.0 - 15.0	25.0 - 26.0
15.0 - 16.0	26.0 - 27.0
16.0 - 17.0	27.0 - 28.0
17.0 - 18.0	28.0 - 29.0
18.0 - 19.0	> 29.0



Quelle: Haag et al. (2022): Zwei-Grad-Ziel für unsere Bäche - Wassertemperatur und Beschattung. Bericht der HYDRON GmbH, im Auftrag der KLIWA AG Gewässerökologie

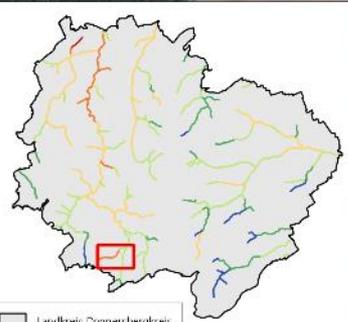
Ist-Zustand: Beispielhafte Ergebnisse

Maximales Tagesmittel der Wassertemperatur 2003



Rheinland-Pfalz

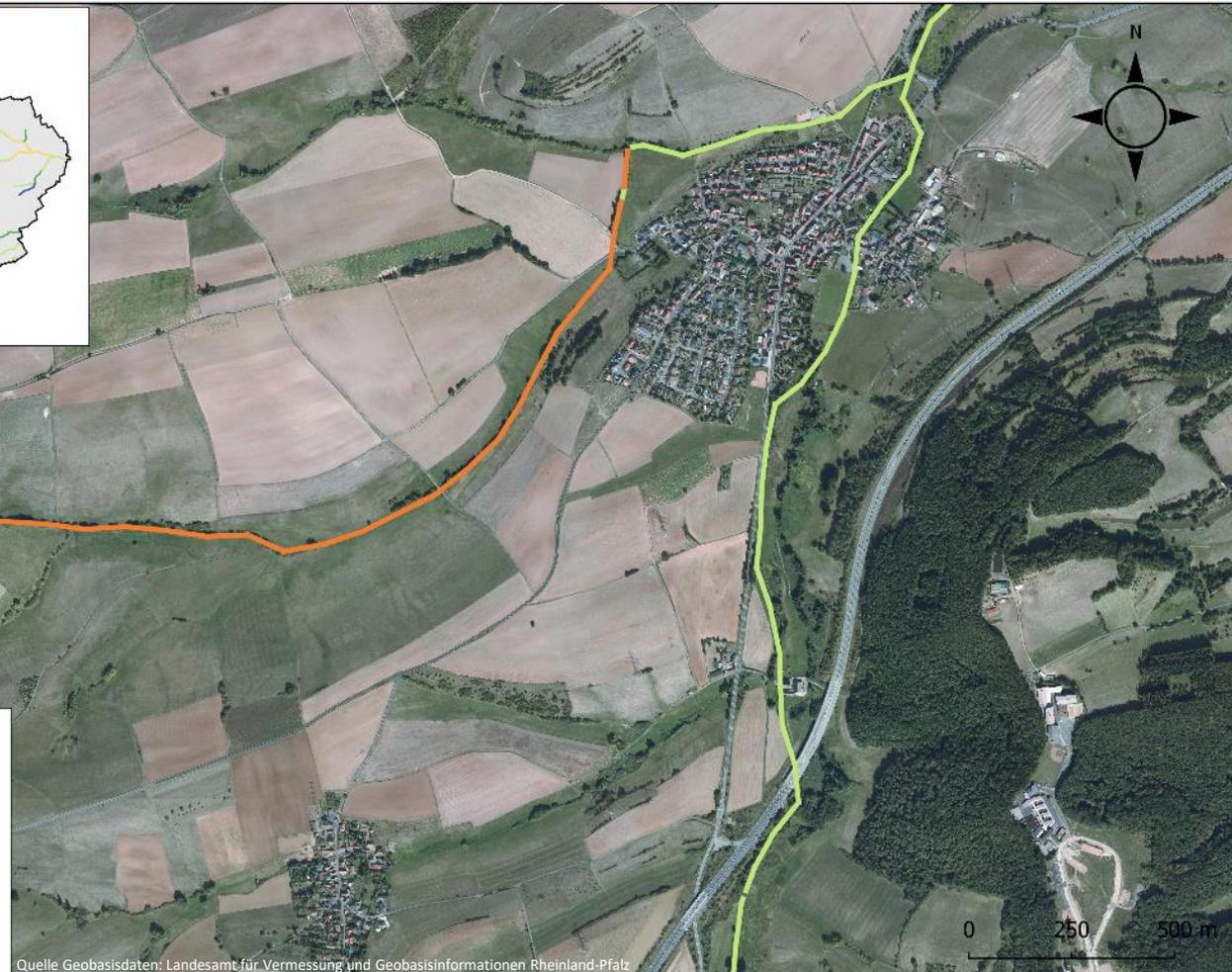
LANDESAMT FÜR UMWELT



Landkreis Donnersbergkreis

Wassertemperatur [C°]

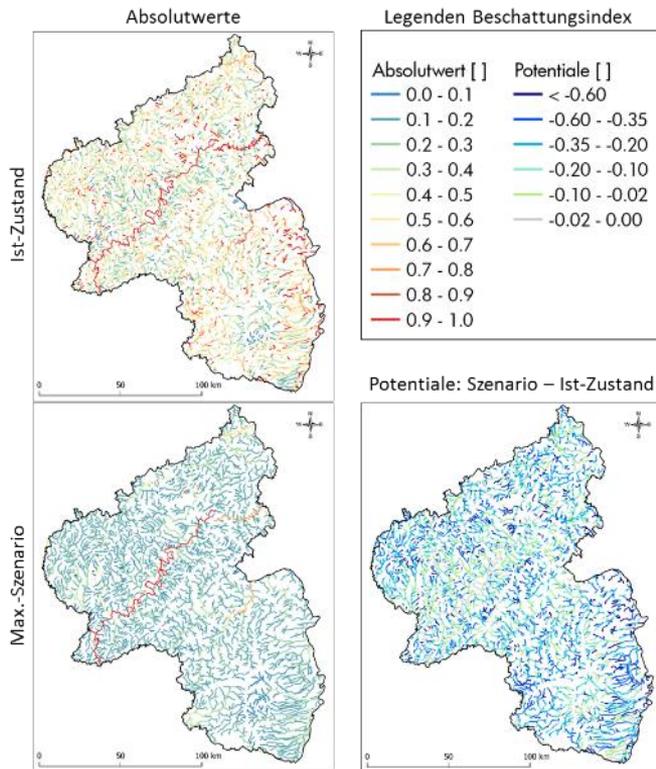
- 14.0 - 16.0
- 16.0 - 18.0
- 18.0 - 20.0
- 20.0 - 22.0
- 22.0 - 24.0
- >24.0



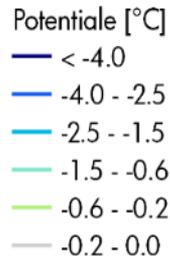
Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Großräumige Potentiale mit LARSIM: Exemplarische Ergebnisse

Beschattungsindex

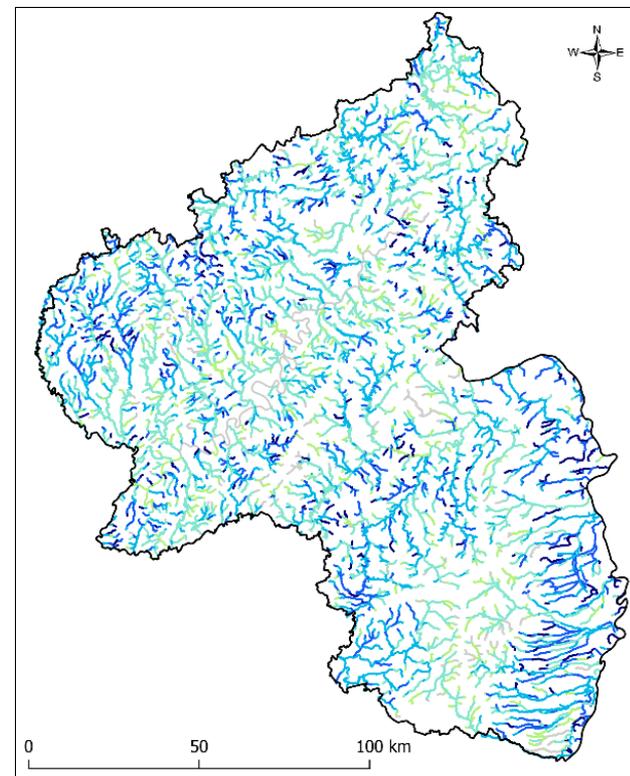


LARSIM



Potential WT_max: Szenario – Ist-Zustand

Max. Wassertemperatur 2003 (Tagesmittel)



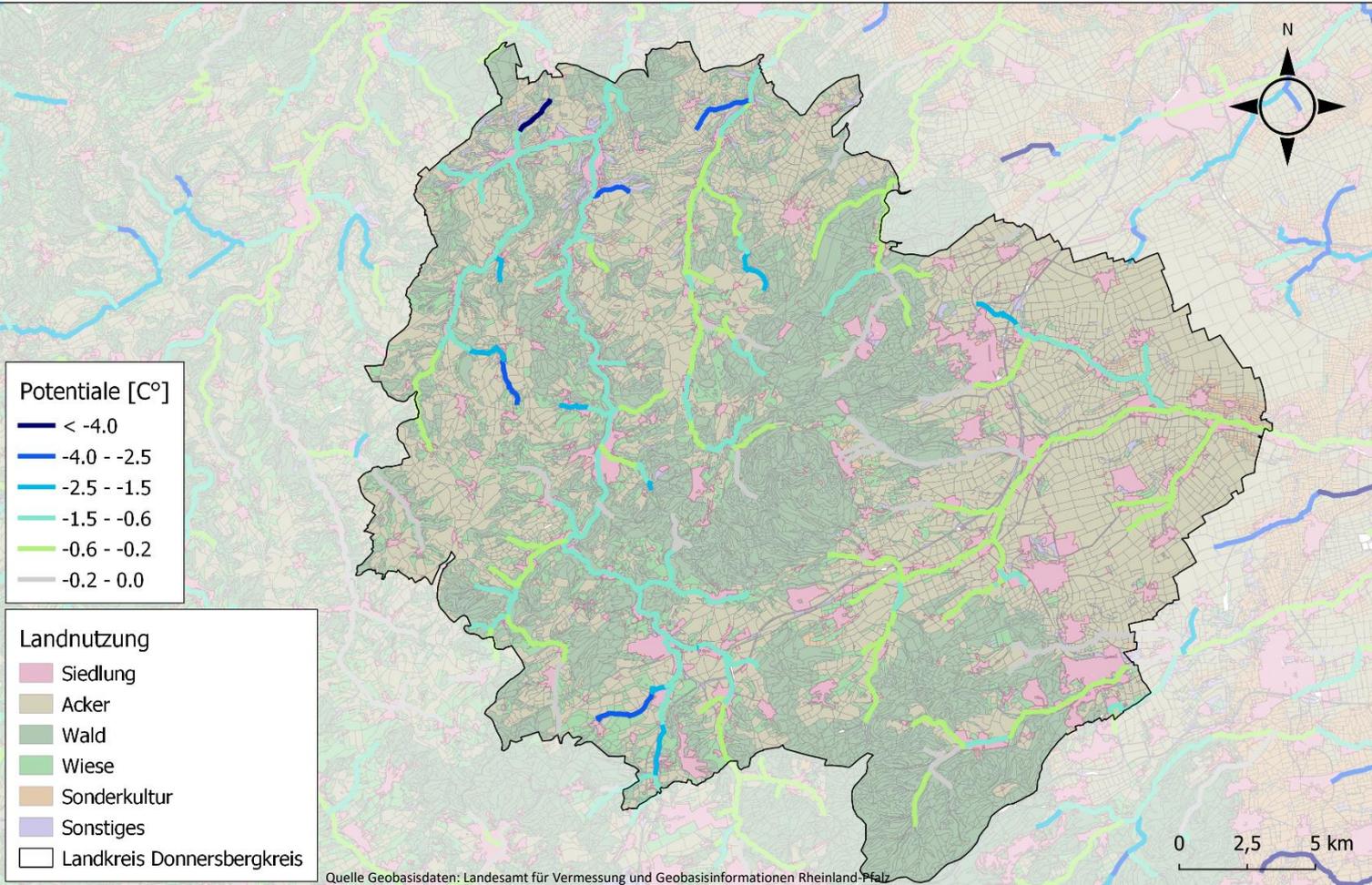
Großräumige Potentiale mit LARSIM: Exemplarische Ergebnisse

Reduktionspotential der maximalen Wassertemperatur 2003 (Tagesmittel)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT



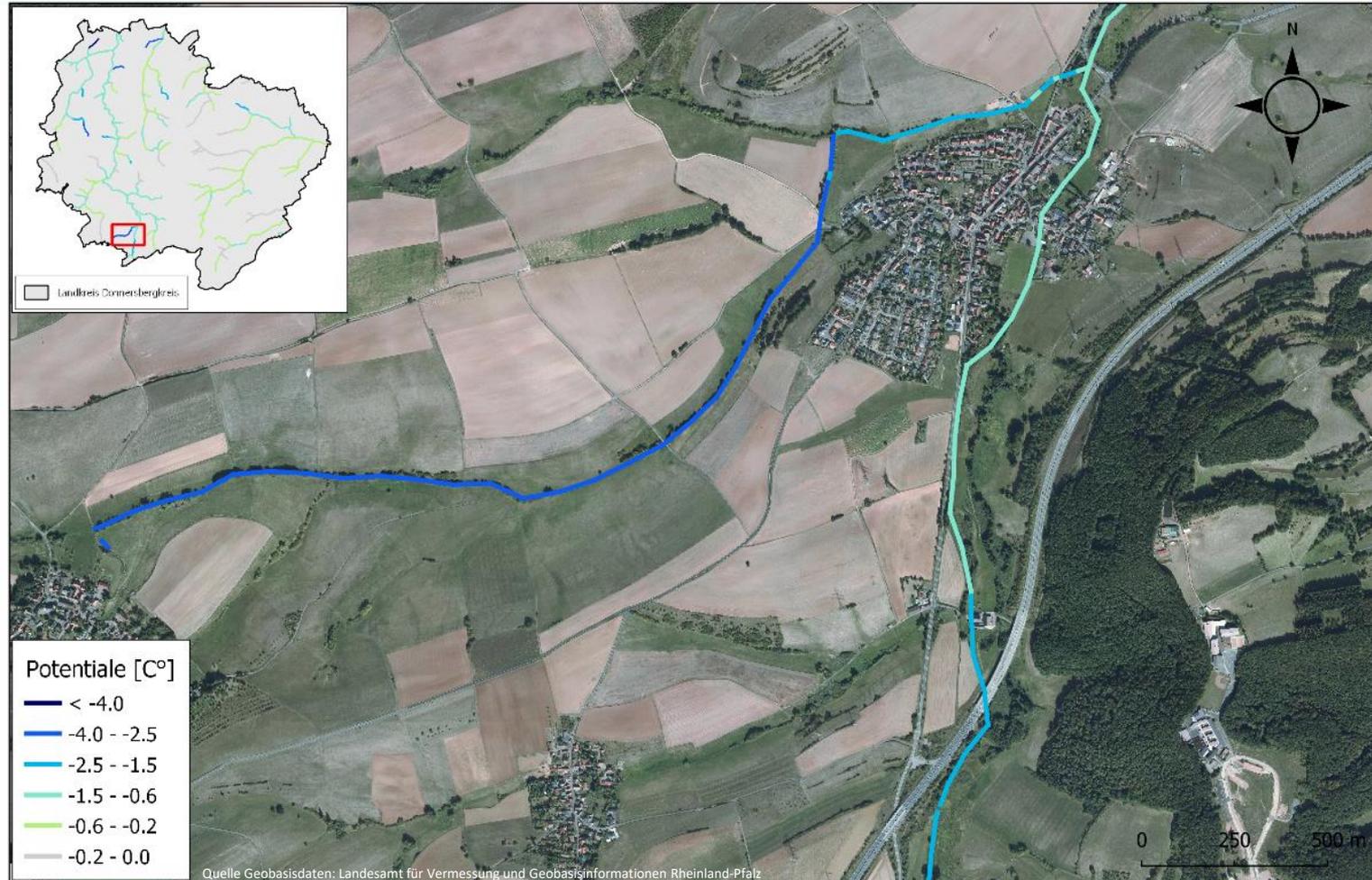
Großräumige Potentiale mit LARSIM: Exemplarische Ergebnisse

Reduktionspotential der maximalen Wassertemperatur 2003 (Tagesmittel)



Rheinland-Pfalz

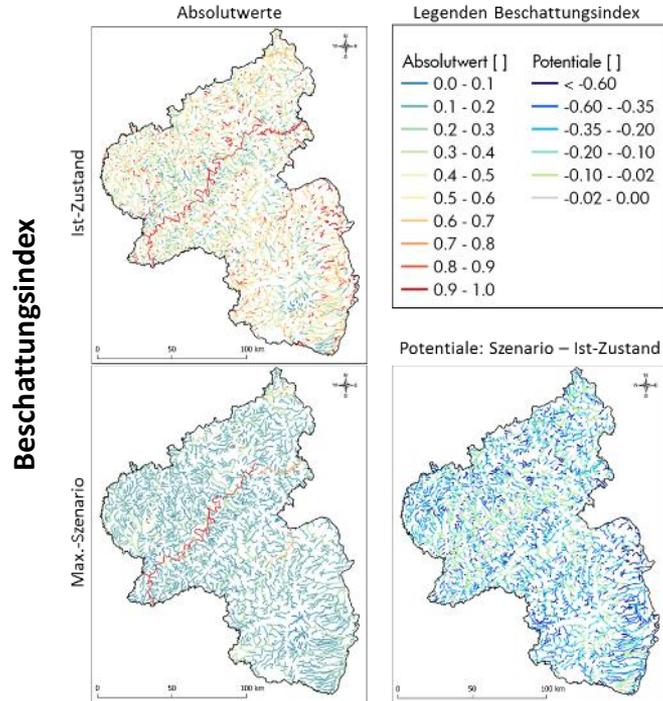
LANDESAMT FÜR UMWELT



Szenarien und Potentiale: Beispiel Fischorientierungswerte RLP



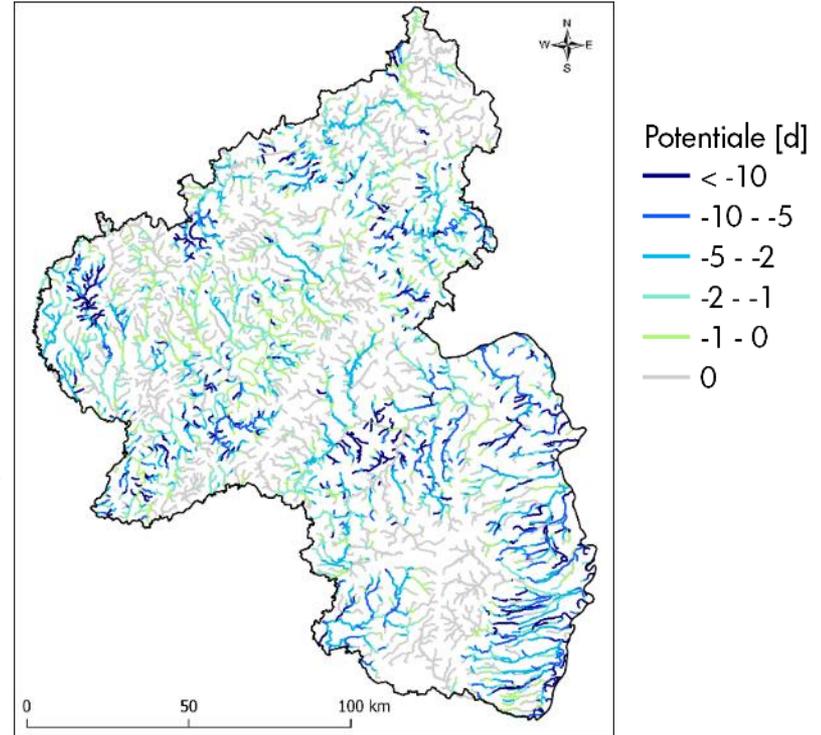
Max. Szenario: Entlang aller Fließgewässer stehen an beiden Ufern 15 m hohe Bäume mit 1,5 m Kronenüberhang



**Reduzierung
Anzahl
der Tage an denen die
Orientierungswerte der
Fischgemeinschaft
überschritten wird**



Potential SumD_Sommer: Szenario – Ist-Zustand



Quelle: Haag et al. (2022): Zwei-Grad-Ziel für unsere Bäche - Wassertemperatur und Beschattung. Bericht der HYDRON GmbH, im Auftrag der KLIWA AG Gewässerökologie

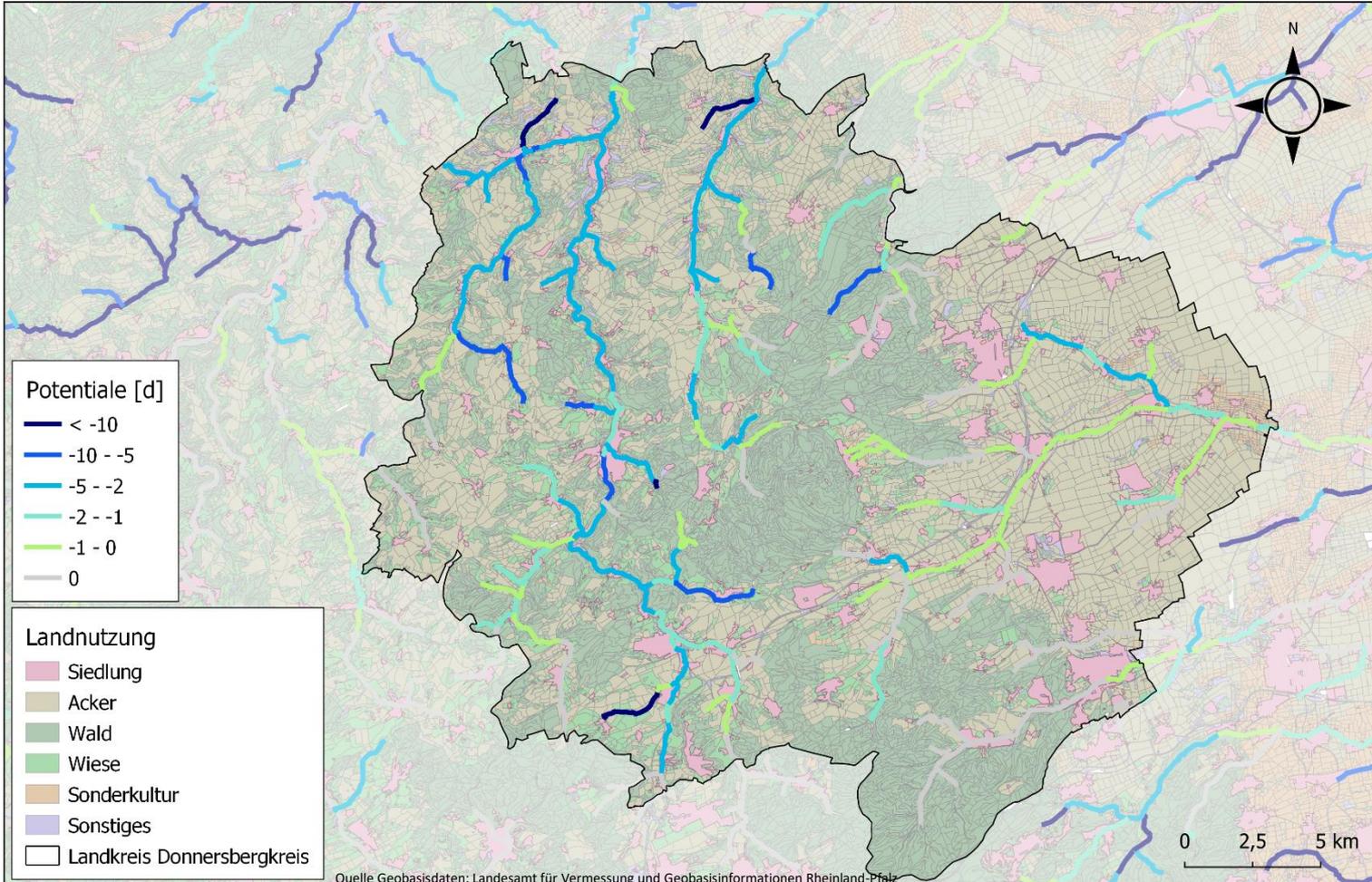
Szenarien und Potentiale: Beispiel Fischorientierungswerte RLP

Reduktionspotential der Anzahl an Tagen an denen der Orientierungswert der Fischgemeinschaft überschritten wird



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT



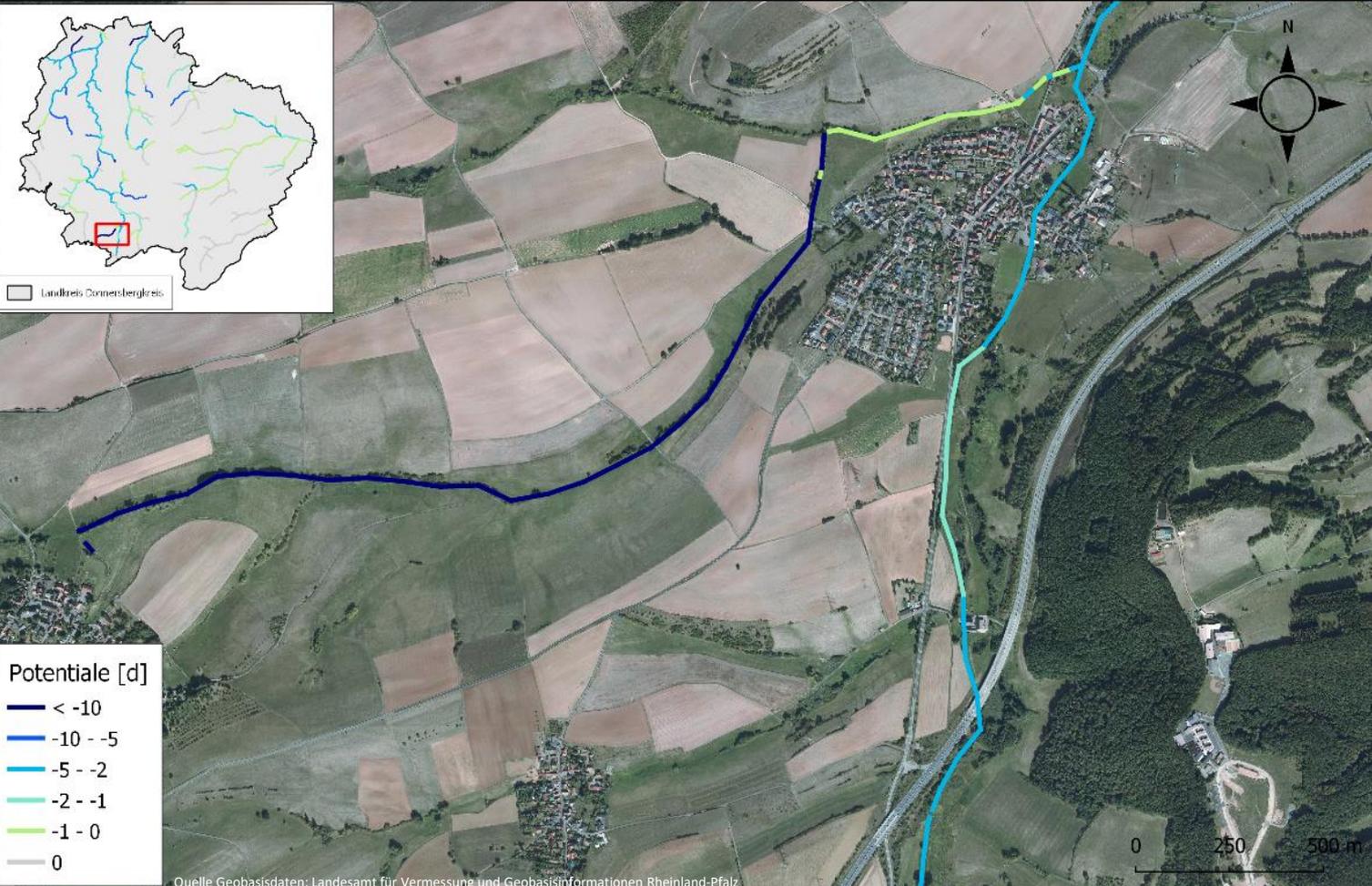
Szenarien und Potentiale: Beispiel Fischorientierungswerte RLP

Reduktionspotential der Anzahl an Tagen an denen der Orientierungswert der Fischgemeinschaft überschritten wird



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT





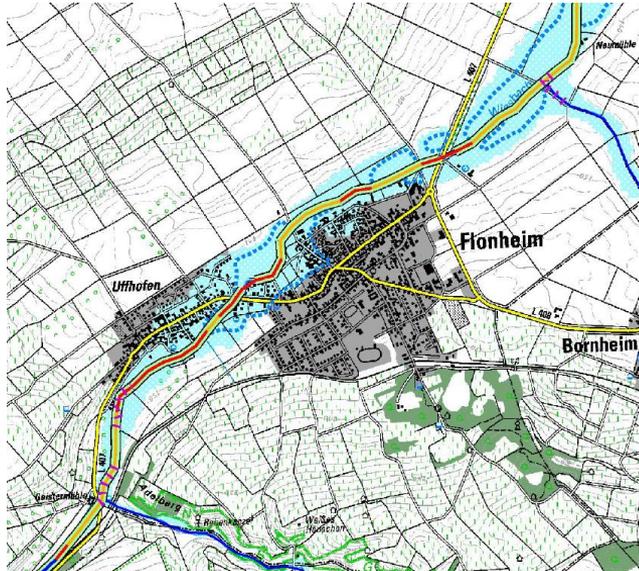
7. Hochwasser- und Starkregenvorsorge

- Karte 1: Defizite an **Gewässern**
- Karte 2: Maßnahmenvorschläge am **Gewässer**
- Karte 3: Pot. Abflussbildung **in der Fläche**
- Karte 4: Maßnahmenvorschläge **in der Fläche**
- Karte 5: Sturzflutgefährdung nach **Starkregen**
- Landesweit für alle Gebietskörperschaften mit Gutachten

Das Hochwasserinfopaket: weitere Elemente



• Karte 1: Defizite an Gewässern



- Gewässer ohne Strukturdaten
- Gewässer
- Gewässerstrecke mit Uferverbau
- Gewässerstrecke mit tiefem oder sehr tiefem Profil
- Gewässerstrecke mit tiefem oder sehr tiefem Profil und Uferverbau
- Gewässerstrecke ohne Randstreifen

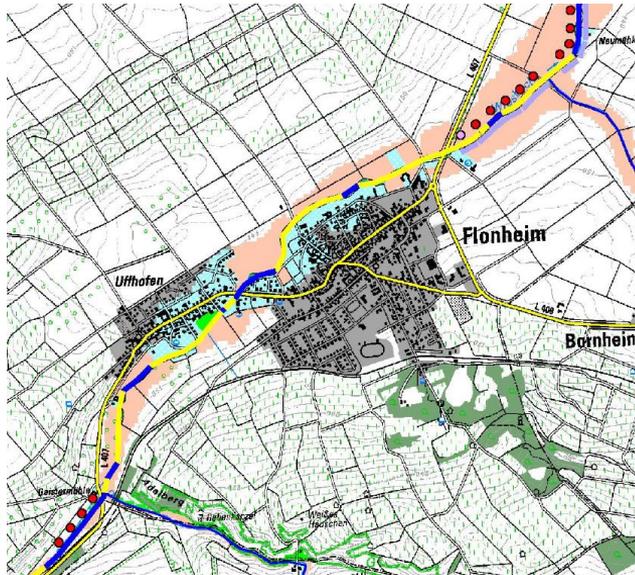
**Maßnahmen zur Gewässerentwicklung bereits
angelaufen bzw. schon durchgeführt**

- Umsetzung von Maßnahmen

Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Das Hochwasserinfopaket: weitere Elemente

- Karte 2: **Maßnahmenvorschläge** am Gewässer und in der Aue



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Maßnahmen an Gewässerstrecken mit eigendynamischer Entwicklung

- Sohlanhebung und Ausweisung eines Gewässerentwicklungskorridors

Maßnahmen an Gewässerstrecken ohne eigendynamische Entwicklung

- Sohlanhebung
- Sohlanhebung und Ausweisung eines Gewässerentwicklungskorridors

Maßnahmen in der Aue

- Gewässerstrecke mit Potenzial für eine Laufverlängerung
- Umwandlung von Ackerflächen in eine an den Standort angepasste Nutzung
- Erhaltung der Grünlandnutzung in der Aue
- Erhaltung des Waldes in der Aue (ggf. Umbau in standortangepassten Bestand)
- Entwicklung von Auwald oder Buchenerwald in Verbindung mit Gewässerentwicklung (Vorschlag Ausgleichs-/Ökokontofflächen)
- Auenflächen ohne besondere Maßnahmen

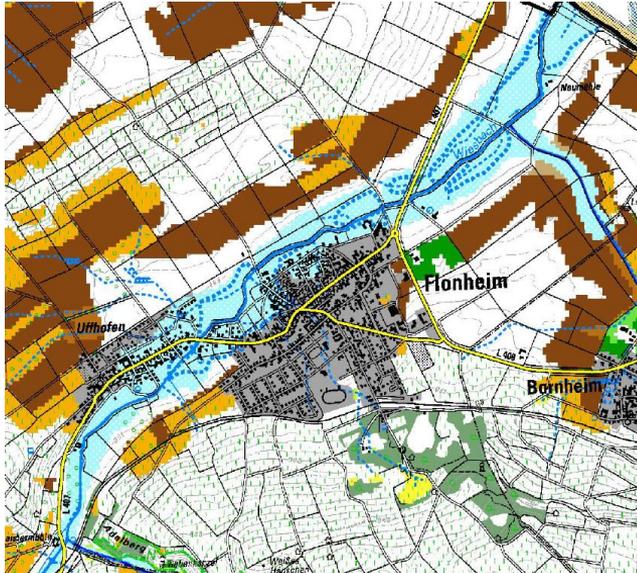
Die Maßnahmen sind vorrangig an Gewässerstrecken mit vorhandenem Retentionspotenzial durchzuführen.

- Gewässerstrecken mit Retentionspotenzial
- Gewässer

Das Hochwasserinfopaket: weitere Elemente



- Karte 3: Pot. **Abflussbildung** in der Fläche



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Ackerflächen mit potenzieller schneller Abflussbildung

Bewertet nach Bodenhydrologischer Karte

-  Q_{02} - Leicht verzögerter Oberflächenabfluss auf Grund von Infiltrationshemmnissen an der Bodenoberfläche (Verschlammung)
-  Q_{01} - Sofortiger Oberflächenabfluss auf Grund von starker Vermässung des Bodens
-  Q_{02} - Verzögerter Oberflächenabfluss auf Grund von mittlerer Vermässung des Bodens

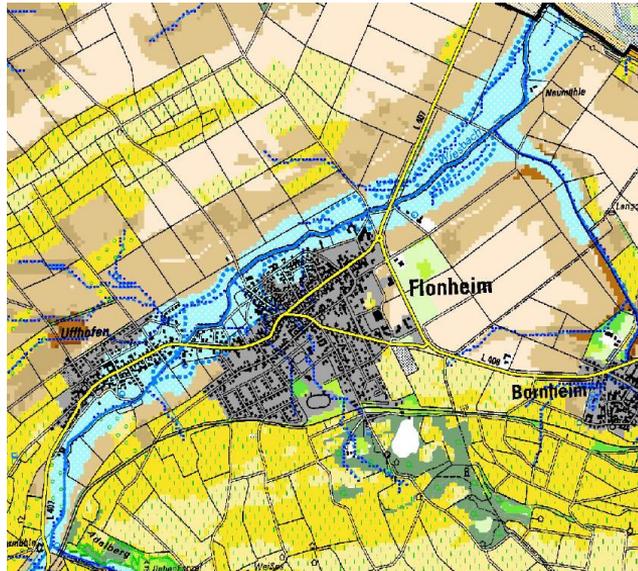
Sonderkulturlflächen mit potenzieller schneller Abflussbildung*

Bewertet nach Bodenhydrologischer Karte

-  Q_{02} - Leicht verzögerter Oberflächenabfluss auf Grund von Infiltrationshemmnissen an der Bodenoberfläche (Verschlammung)
-  Q_{01} - Sofortiger Oberflächenabfluss auf Grund von starker Vermässung des Bodens
-  Q_{02} - Verzögerter Oberflächenabfluss auf Grund von mittlerer Vermässung des Bodens

Das Hochwasserinfopaket: weitere Elemente

- Karte 4: **Maßnahmenvorschläge in der Fläche**



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz

Maßnahmengruppen bei Ackernutzung

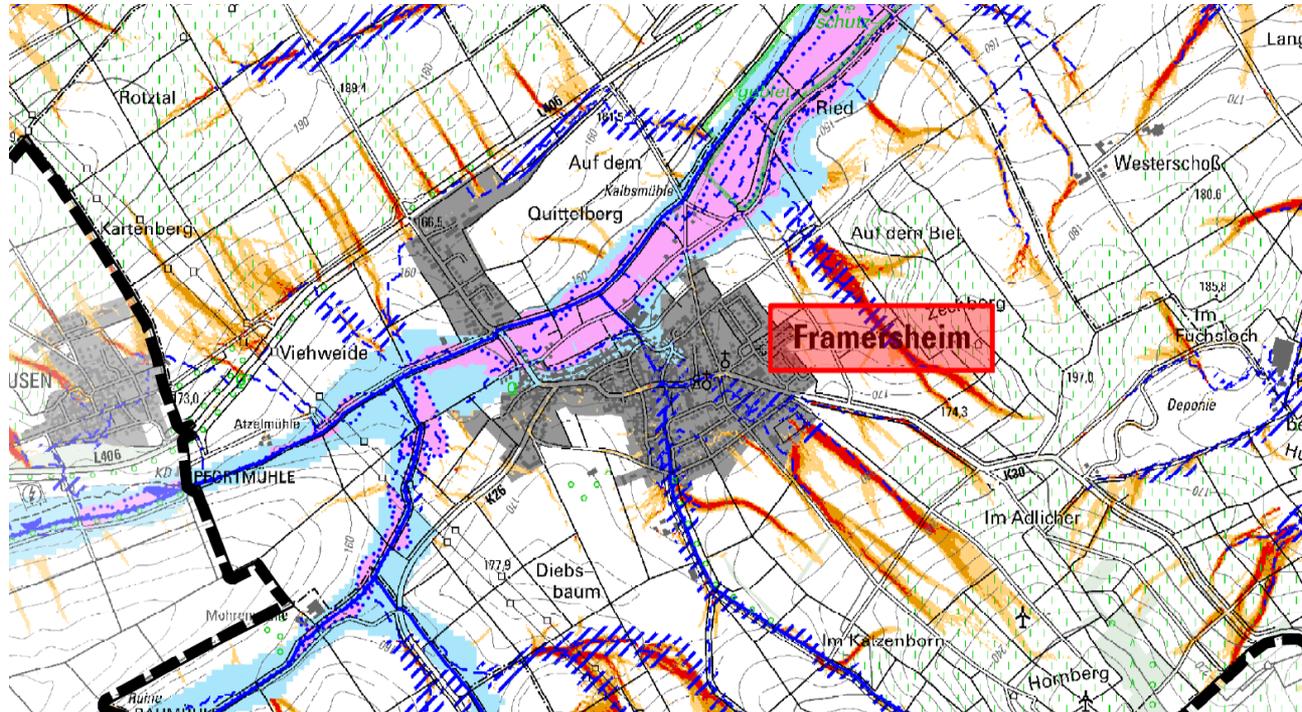
-  A4 - Umnutzung in Gehölzstrukturen prüfen
-  A3 - Umwandlung in Grünland prüfen
-  A2 - Direktsaat oder wie A1, zusätzlich Hanglängenverkürzung, Verzicht auf erosionsgefährdete Kulturen etc.
-  A1 - Konservierende Bodenbearbeitung inkl. Mulchsaat
-  A0 - keine besonderen Maßnahmen auf Acker nötig

Maßnahmengruppen bei Sonderkulturen*

-  S1 - potenzielle Gefährdung (siehe Textteil)
-  S0 - keine besonderen Maßnahmen nötig

* Sonderkulturen sowie Gartenland und sonstige Nutzungen ohne eindeutige Zuordnung

Karte 5: Starkregen- Gefährdungskarten



Quelle Geobasisdaten: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen Rheinland-Pfalz



Die Herausforderungen der Umsetzung

- Tiefenerosion und Habitatarmut
- Entwicklungskorridor, Geschiebemanagement
- Flächenverfügbarkeit und Nutzungskonkurrenz
- Renaturierung, mehr als 50% der Gewässer
- Beschattung, mehr als 50% der Gewässer
- Landschaftswasserhaushalt, Grundwasserneubildung
- Anpassung der Flächennutzungen
- Schwammlandschaft
- Wasserversorgung sichern
- **Das bringt Klimaresilienz!**
- **Das ist dringend zu erledigen!**
-