

Landesweite LARSIM-Wassertemperaturmodelle für Baden-Württemberg

Ute Badde (LUBW), Dirk Aigner, Ingo Haag (HYDRON)



Baden-Württemberg

Entwicklung von Wärmemodellen in BW

Operationelle Wärmemodelle: EZG Neckar (2005)
(Stundenwertmodelle) Oberrhein bis Worms (2011)
Mittelrhein bis Köln (2012)

Ziele:

- Kontrollfunktion des Landes bzgl. Einhaltung der Wasserrechte durch Energieversorger wird unterstützt
- Energieversorger kann in kritischen Phasen (Niedrigwasser und/ oder hohe Wassertemperaturen) durch Variation des Kraftwerkbetriebs auf die meteorologische Situation reagieren, um Wasserrechte einzuhalten
- Wasserbehörden und Energieversorger sind rechtzeitig vorgewarnt, erforderliche Reaktionen sind planbar: In Krisensituationen können z.B. Ausnahmeregelungen beim Energieversorger rechtzeitig vorbereitet werden

Entwicklung von Wärmemodellen in BW

2016 / 2017: Erweiterung aller 10 WHMs in BW

Wärmemodul auf WHM aufgesetzt (Wasserhaushalts-Wärme-Modell), Stunden- und Tageswertmodelle

Ziele:

- Flächendeckende Modellierung der Wassertemperaturen
- Simulation des Ist-Zustands der Wassertemperatur, vor allem auch in kleinen Gewässern, deren Wassertemperaturen nicht durch Messdaten erfasst werden
- Flächendeckende Berechnung von Auswirkungen des möglichen Klimawandels auf die Wassertemperatur, simuliert mit Tageswertmodellen
- Derzeit kein flächendeckender, operationeller Einsatz geplant

Wärmemodell: Wesentliche Einflussgrößen

Temperatur der Abflussbildung / Abflusskonzentration

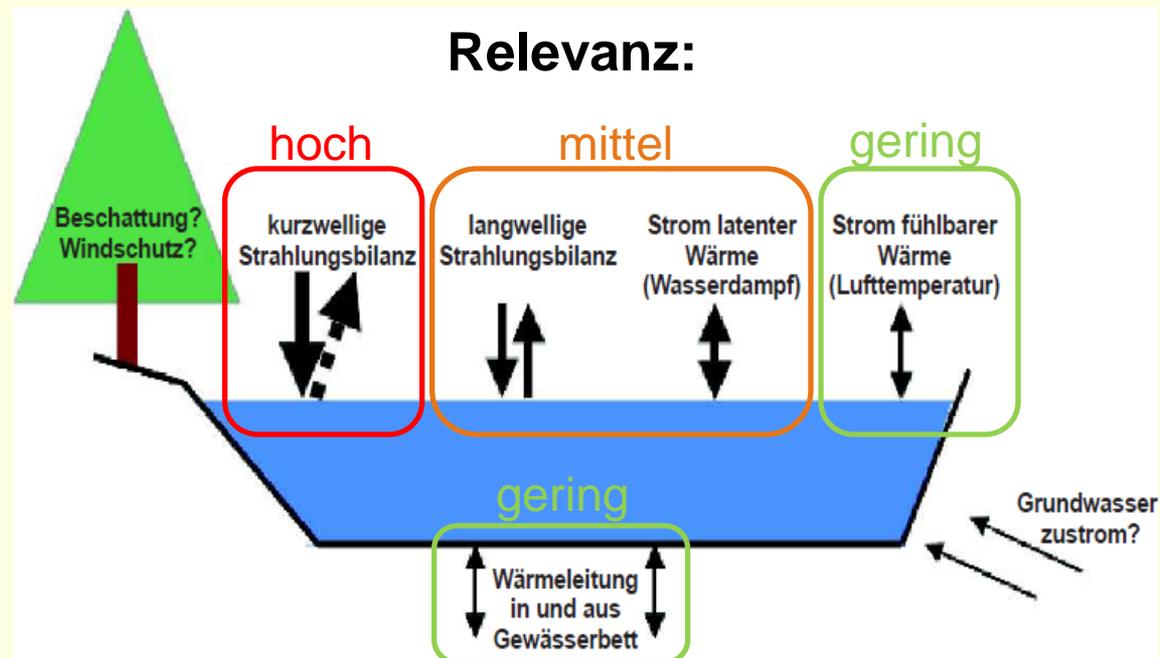
→ dominiert in Quellbereichen:

- Abflussbildung und Abflusskonzentration
(Grundwassertemperatur, Fließwege, Aufenthaltszeiten)

Wärmeaustausch zwischen Gewässer und Umgebung (Energiebilanz)

→ dominiert mit zunehmender Fließlänge / Einzugsgebietsgröße:

- Wichtigste Komponente:
kurzwellige Strahlung
=> Beschattung / Ufervegetation
- Direkter Einfluss Lufttemperatur gering (fühlbare Wärme)
- Grundwasserzustrom lokal relevant
- Wenn vorhanden evtl. relevant:
 - Einleiter (Abwärme, Kläranlagen)
 - Talsperren (Hypolimnion)



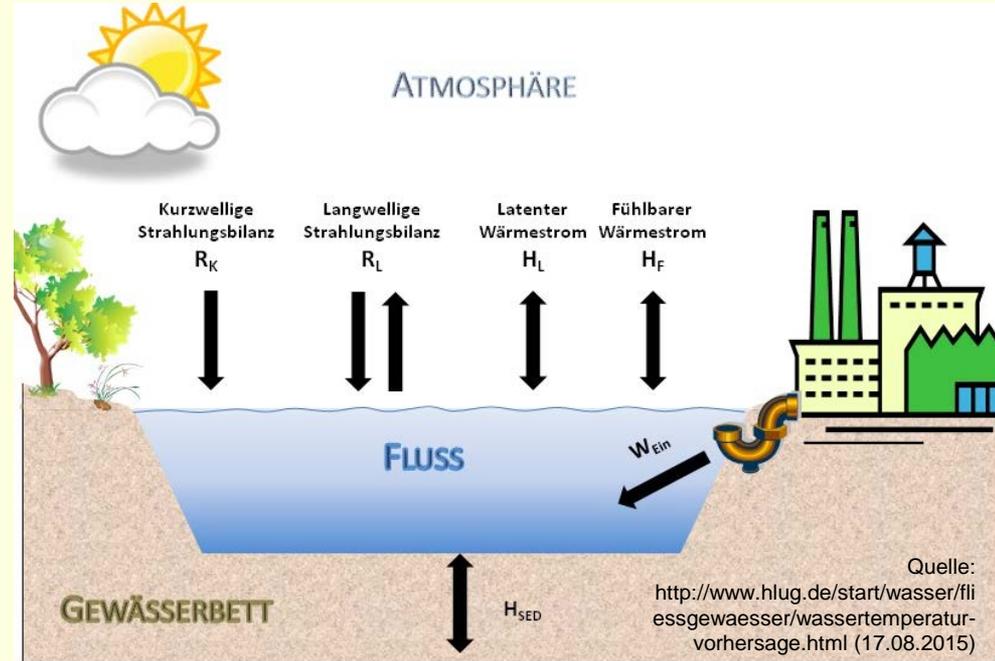
Wärmemodell: Energieaustausch

- Energiebilanz inkl. Austausch mit Gewässerbett vollständig enthalten

$$\frac{dT_W}{dt} = \frac{R_K + R_L + H_L + H_F + H_{sed}}{c_p \cdot \rho_W \cdot h}$$

- Abschattung und Windschutz können parametrisiert werden (Ufervegetation)
- Lokale Quellen (Abwärme, Kläranlagen, ggf. Grundwasserzustrom) können bei Bedarf berücksichtigt werden
- Transport von Wärmeinhalt im Gewässernetz wird mit 1D Advektion-Dispersion (physikalisch) berechnet = Regionalisierung auf das Flusssystem

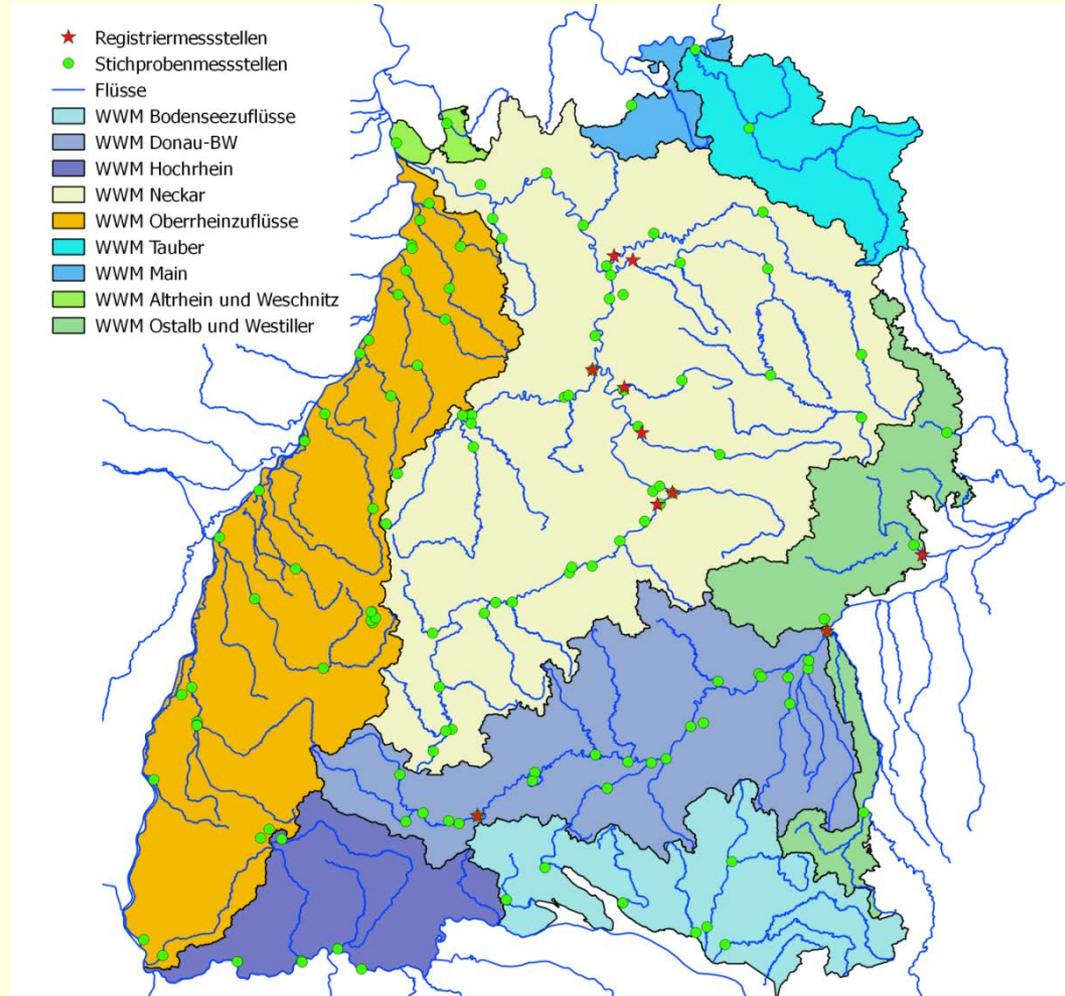
$$\frac{\partial T_W}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial T_W}{\partial x} - E_x \cdot \frac{\partial^2 T_W}{\partial x^2} - S = 0$$



Optimierung der WWM-Parameter

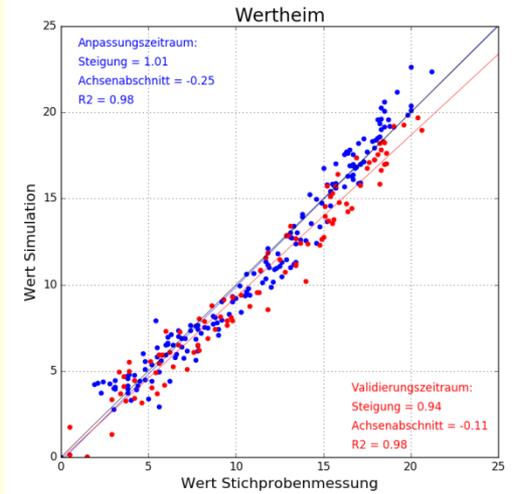
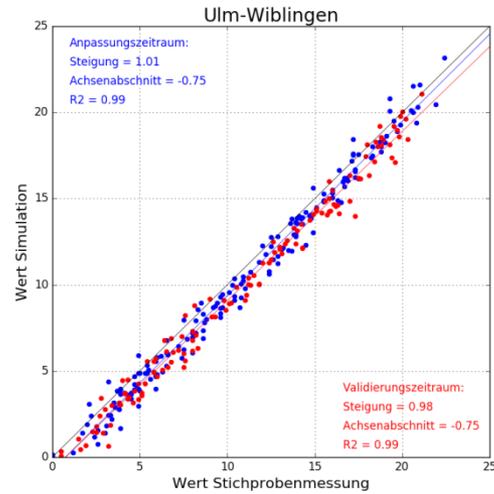
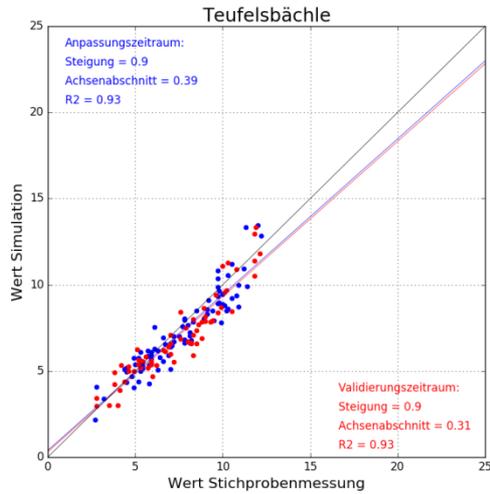
- Physikalisch basierte Parametrisierung anhand von Gebietseigenschaften (Jahresmitteltemperatur, Gewässerbreite, ...)
- Messstellenspezifische Anpassung mittels zwei Kalibrierparameter:

Korrekturfaktor Gewässerbreite und Ufervegetation (Abschattung)

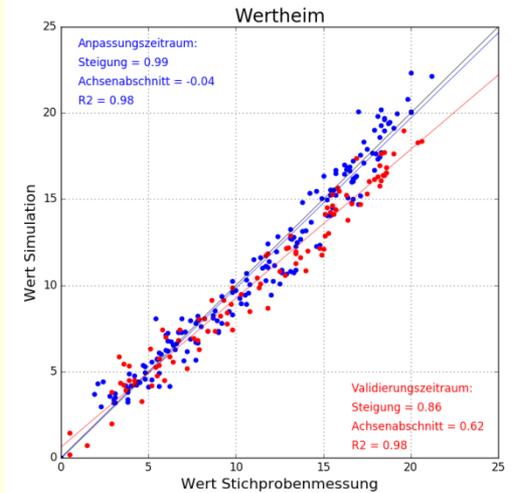
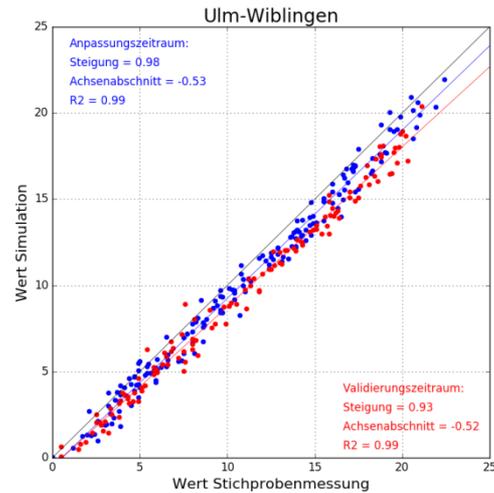
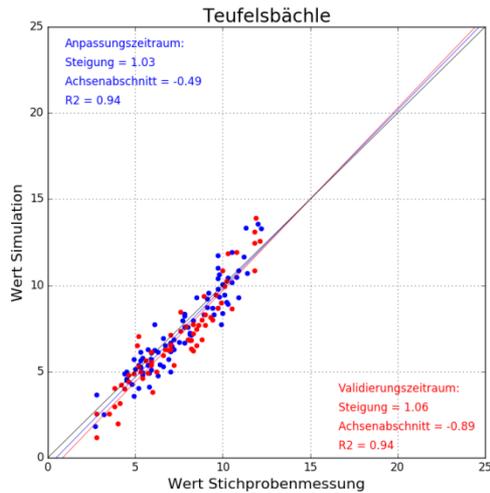


Ergebnisse - Beispiele

Stundenwertmodell

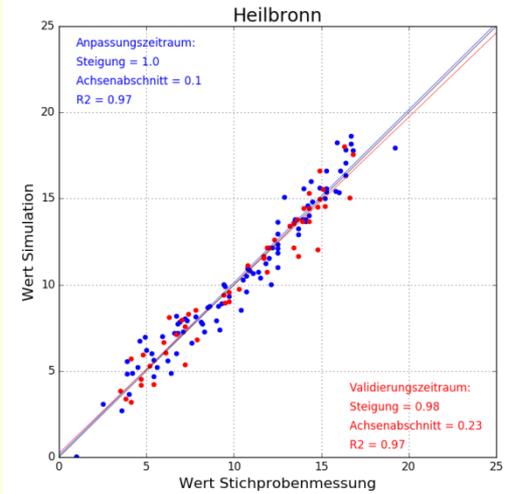
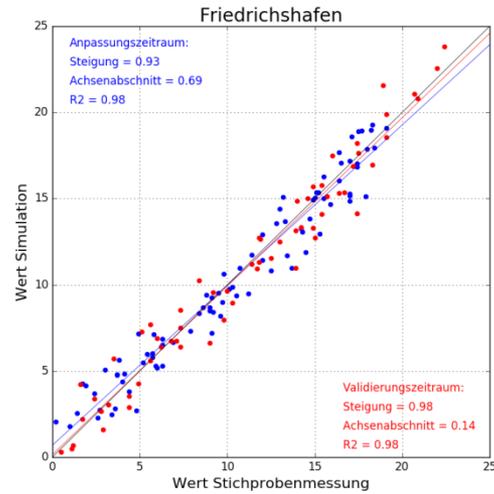
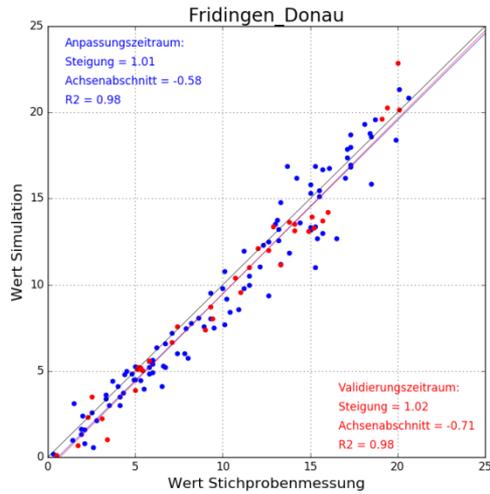


Tageswertmodell

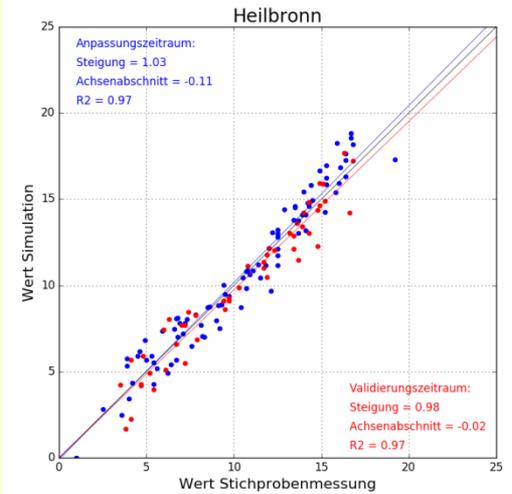
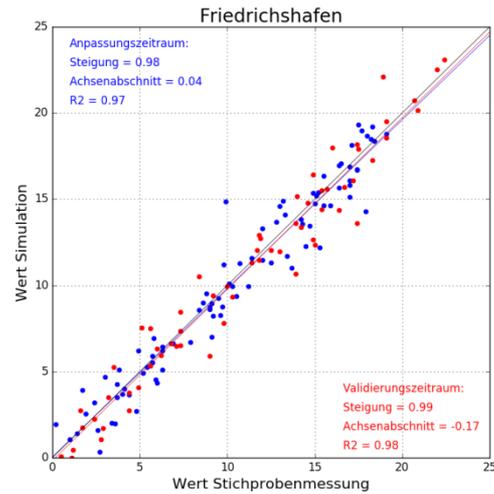
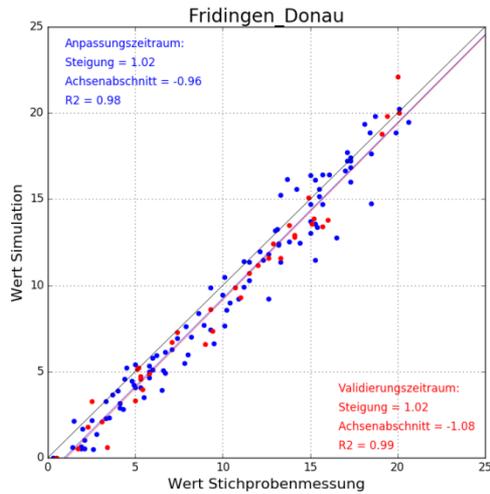


Ergebnisse - Beispiele

Stundenwertmodell

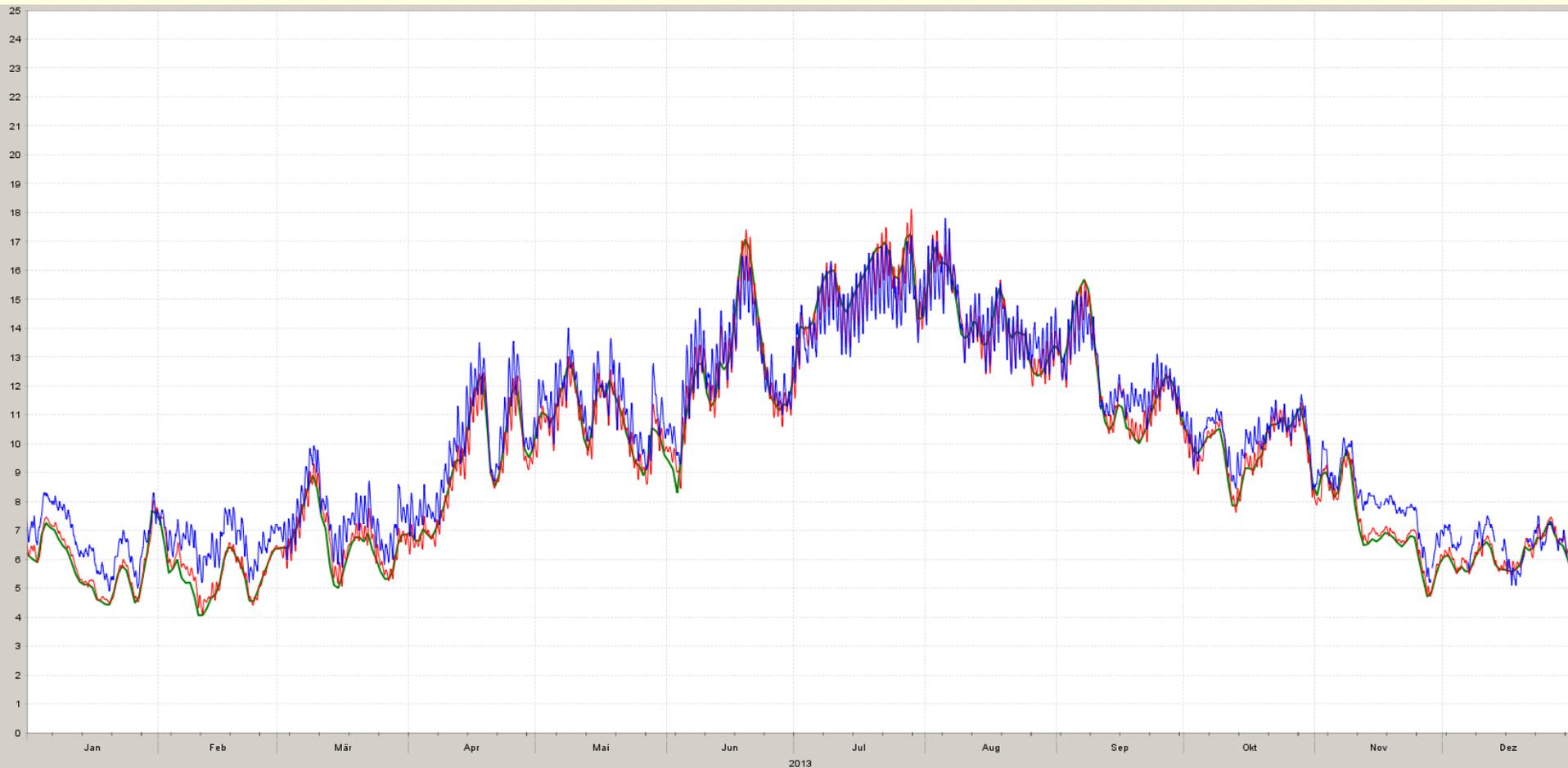


Tageswertmodell



Ergebnisse - Beispiele

Stationsbezogener Vergleich von gemessenen und simulierten Wassertemperaturen



Bachingen/Brenz blau = gemessen rot = simuliert grün = simuliert (Tageswerte)

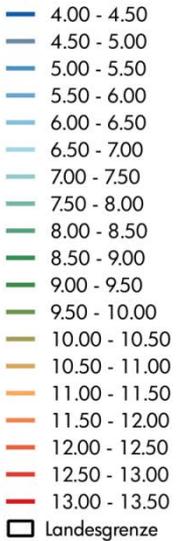
Ergebnisse - Übersicht

Baden-Württemberg	Gesamtjahr		höchste 20 % der gemessenen TWAS		niedrigste 20 % der gemessenen TWAS	
	Mittlerer Betrag der Abweichung	Mittlerer systematischer Fehler	Mittlerer Betrag der Abweichung	Mittlerer systematischer Fehler	Mittlerer Betrag der Abweichung	Mittlerer systematischer Fehler
Stundenwertmodelle	1.01	-0.32	1.19	-0.13	0.87	0.09
Tageswertmodelle	1.05	-0.40	1.26	-0.30	0.86	0.00

- Abweichung $TWAS_{sim}$ zu $TWAS_{mes}$ im Mittel rund 1 °C
- Leichte Tendenz zur Unterschätzung der TWAS vor allem im Bereich mittlere Temperaturen, hohe und geringe TWAS werden zufriedenstellend simuliert
- Validierung bestätigt Anpassung/Kalibrierung
- Tageswertmodelle ähnlich gut wie Stundenwertmodelle -> Wärmemodelle können zur Berechnung von KLIMA-Szenarien genutzt werden

Ergebnisse - Übersicht

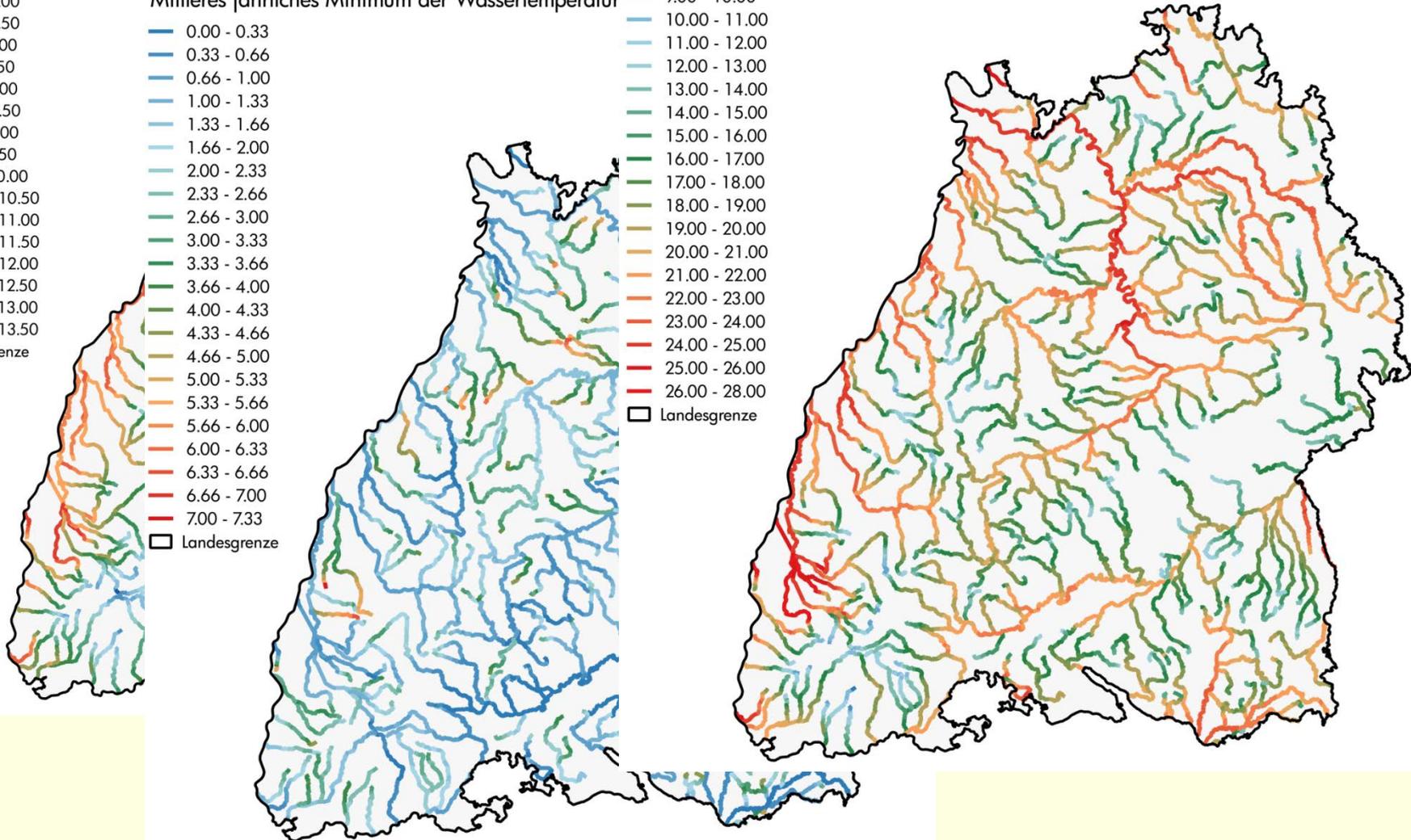
Langjähriges Mittel der Wassertemperatur [°C]



Mittleres jährliches Minimum der Wassertemperatur



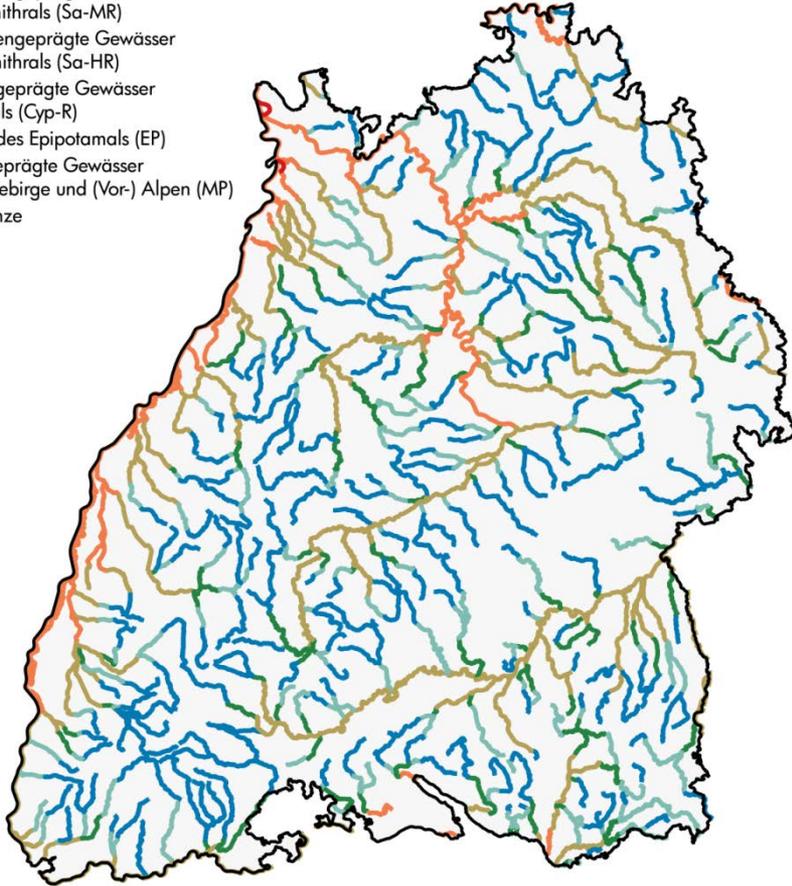
Mittleres jährliches Maximum der Wassertemperatur [°C]



Ergebnisse - Übersicht

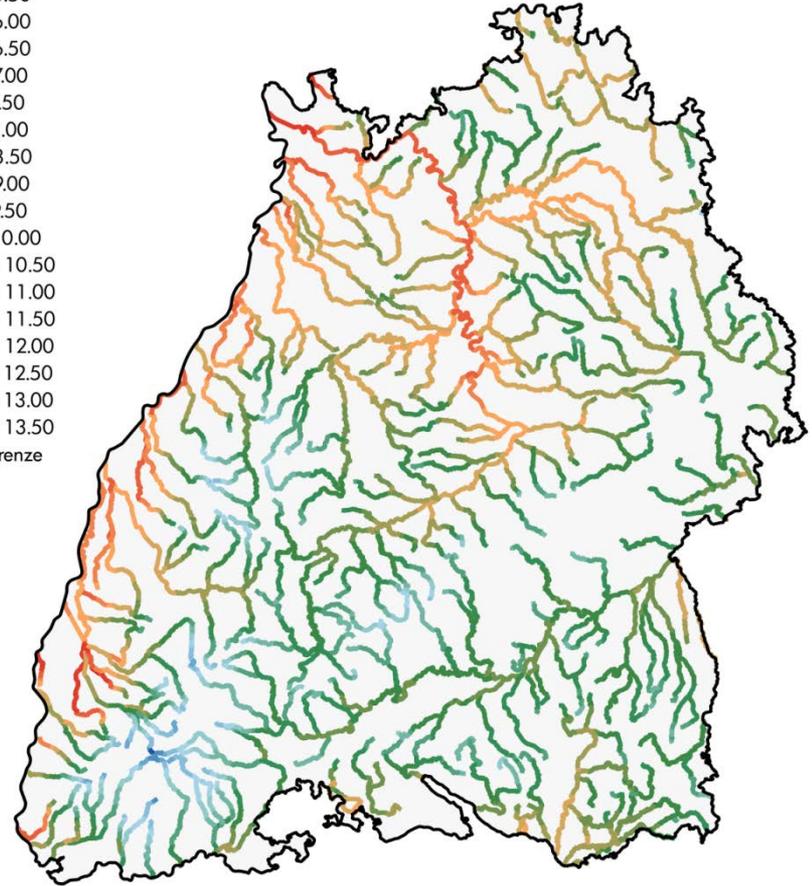
Fischgemeinschaften

- salmonidengeprägte Gewässer des Epirhithrals (Sa-ER)
- salmondigengeprägte Gewässer des Metarhithrals (Sa-MR)
- salmondigengeprägte Gewässer des Hyporhithrals (Sa-HR)
- cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals (Cyp-R)
- Gewässer des Epipotamals (EP)
- potamal geprägte Gewässer der Mittelgebirge und (Vor-) Alpen (MP)
- Landesgrenze



Langjähriges Mittel der Wassertemperatur [°C]

- 4.00 - 4.50
- 4.50 - 5.00
- 5.00 - 5.50
- 5.50 - 6.00
- 6.00 - 6.50
- 6.50 - 7.00
- 7.00 - 7.50
- 7.50 - 8.00
- 8.00 - 8.50
- 8.50 - 9.00
- 9.00 - 9.50
- 9.50 - 10.00
- 10.00 - 10.50
- 10.50 - 11.00
- 11.00 - 11.50
- 11.50 - 12.00
- 12.00 - 12.50
- 12.50 - 13.00
- 13.00 - 13.50
- Landesgrenze



Auswertungsmöglichkeit: Vergleich Karten Fischgemeinschaften mit Wassertemperatur

Geplante Auswertungen im Rahmen von KLIWA

Vergleiche:

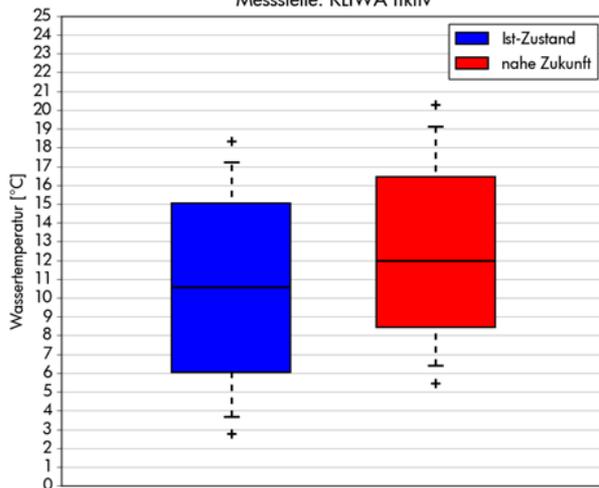
- Messwerte mit Simulation (= LARSIM-Güte)
- Simulation mit IST-Zustand KLIMA-Modell (= Güte Klimamodell)
- IST-Zustand mit Zukunftsszenario (= Klimasignal)

Detaillierte Auswertungen an 16 Gewässerpunkten mit kontinuierlichen Messdaten ohne Kraftwerkseinfluss

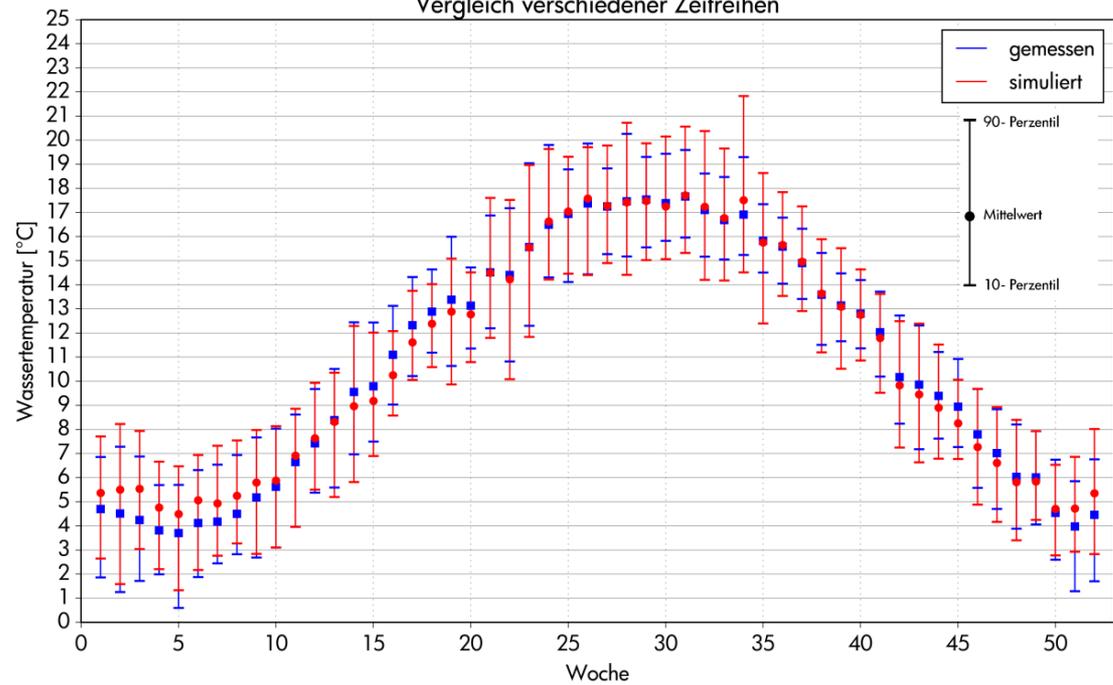
Stationsbezogene Vergleiche:

- Scatterplots
- Boxplots
- Jahresregime

Boxplots der Zeitreihen
Messstelle: KLIWA fiktiv



Jahresregime - Wochen
Messstelle: Murr (Murr)
Vergleich verschiedener Zeitreihen



Geplante Auswertungen im Rahmen von KLIWA

Vergleiche:

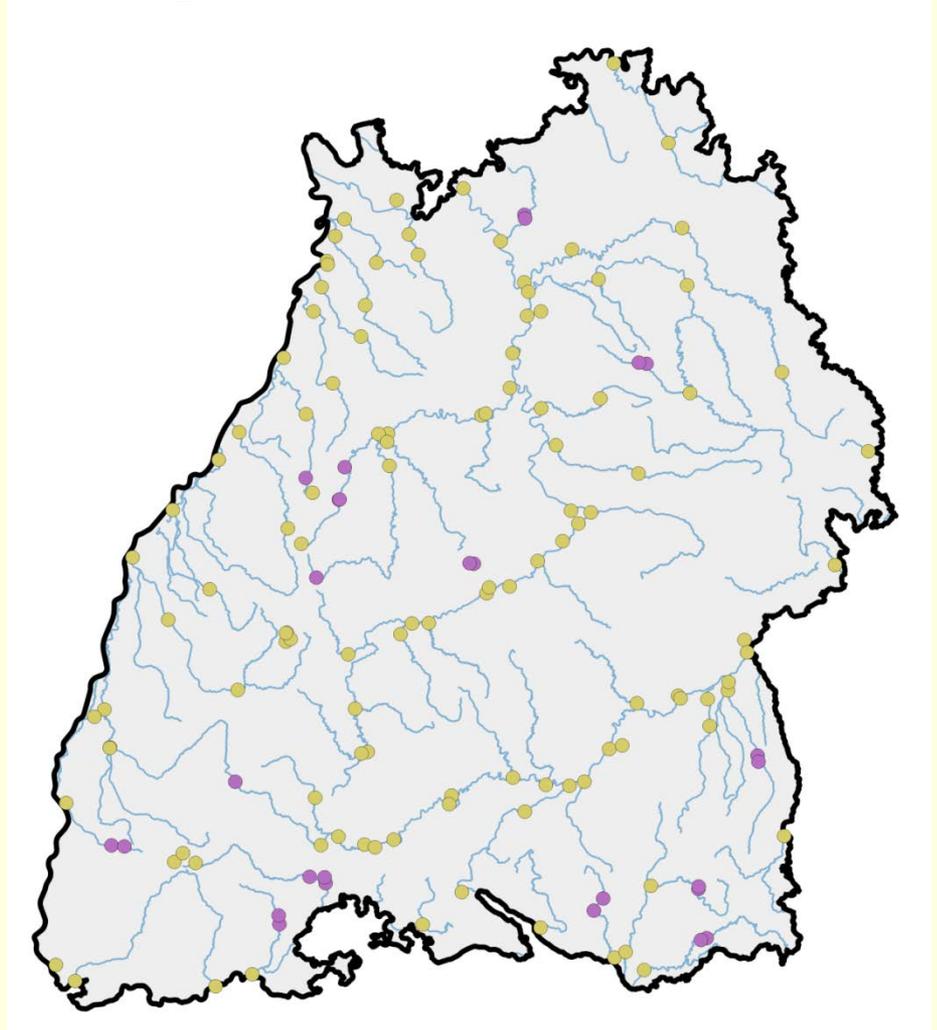
- Messwerte mit Simulation (= LARSIM-Güte)
- Simulation mit IST-Zustand KLIMA-Modell (= Güte Klimamodell)
- IST-Zustand mit Zukunftsszenario (= Klimasignal)

Übersichtsauswertungen
(z.B. Kennzahlen) an ca. 140
repräsentativen Gewässerpunkten

Neben allgemeinen Kennzahlen
(z.B. mittleres jährliches Maximum)
werden auch fischspezifische
Kennzahlen ausgewertet

Auswertungen differenziert nach
Fischgemeinschaften

Schwellenwertüberschreitungen
(Häufigkeit und Dauer)



Geplante Auswertungen im Rahmen von KLIWA

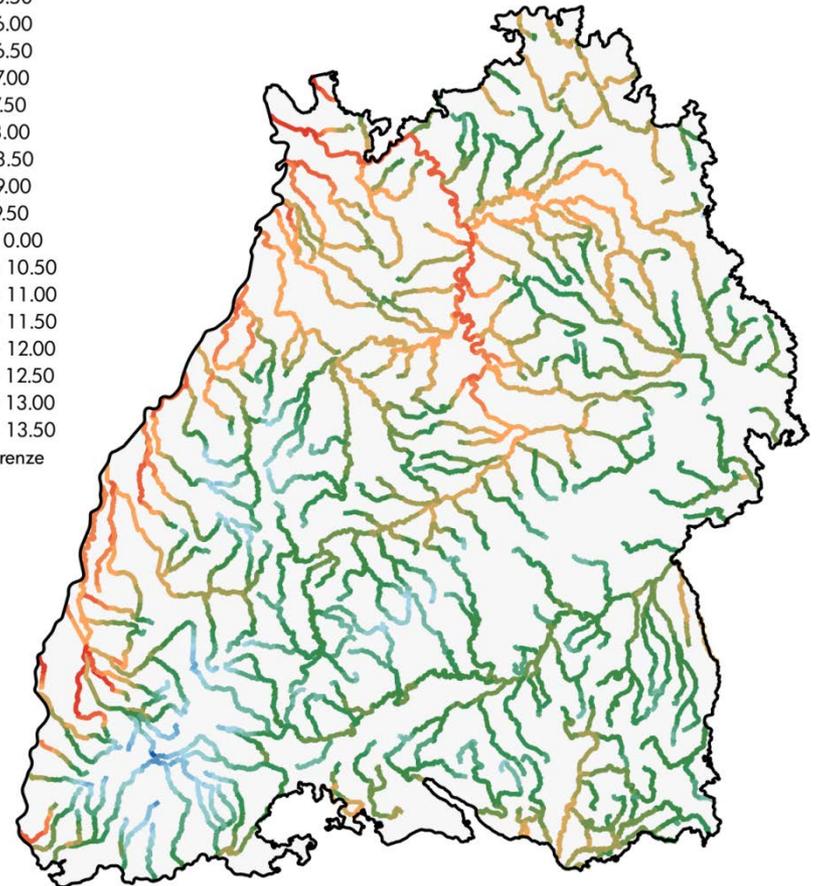
Vergleiche:

- Messwerte mit Simulation (= LARSIM-Güte)
- Simulation mit IST-Zustand KLIMA-Modell (= Güte Klimamodell)
- IST-Zustand mit Zukunftsszenario (= Klimasignal)

Kartendarstellungen (Einfärbung der Gewässerstrecken)

Die Ergebnisse werden beim KLIWA-Symposium „Risiko Klima Herausforderungen managen“ am 22./23.5. in Baden-Baden vorgestellt.

Langjähriges Mittel der Wassertemperatur [°C]



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!