

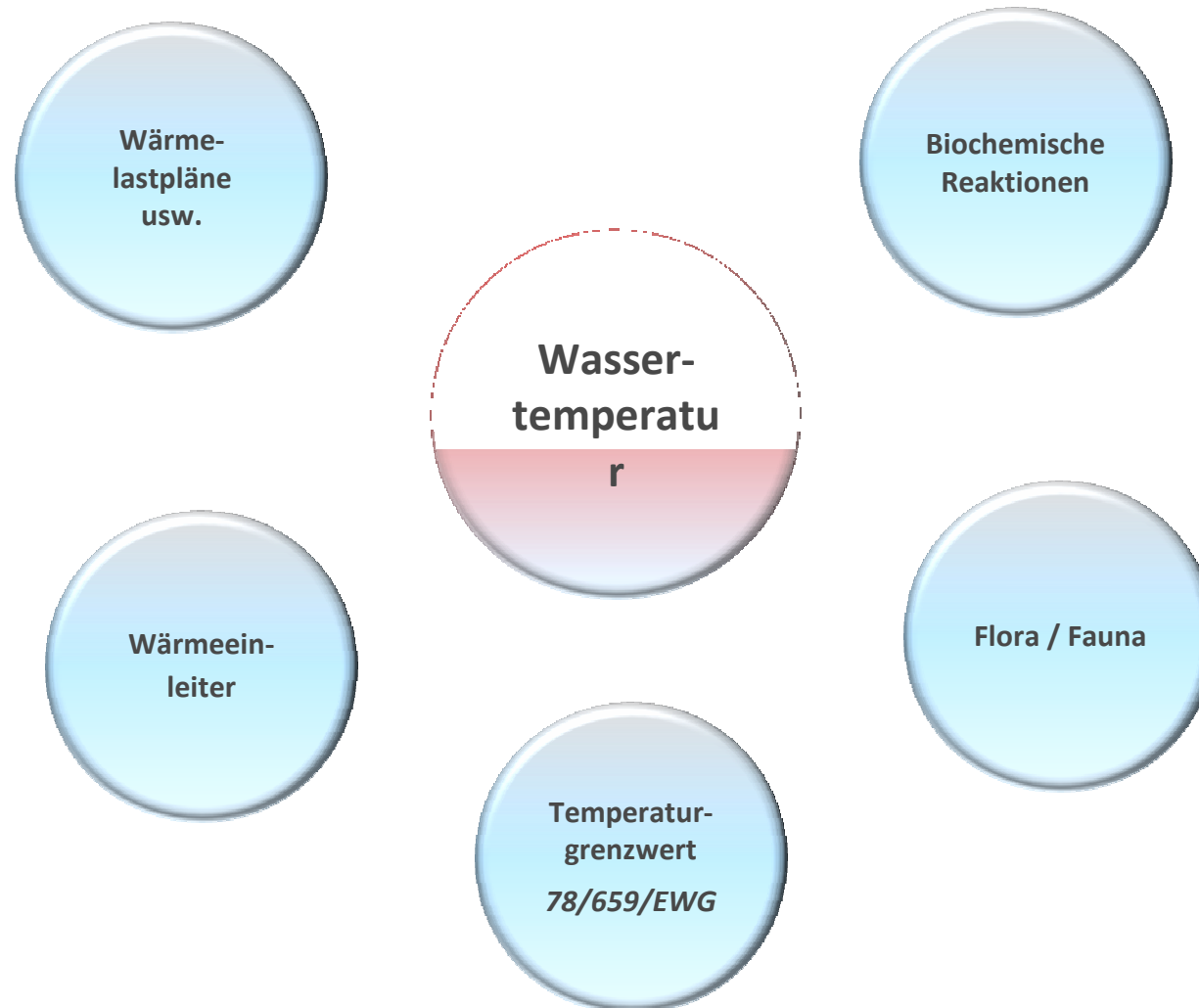
Wassertemperaturvorhersage für den hessischen Main - und gemeinsames Vorhaben zum operationellen Betrieb des LARSIM-Wärmemodells für den Rhein der Länder BW, HE und RLP

Gerhard Brahmer, HLUG Wiesbaden

Ute Badde, LUBW Karlsruhe

Norbert Demuth, LUWG Mainz

1 BEDEUTUNG WASSERTEMPERATUR





2 WASSERHAUSHALTS- UND WÄRMEMODELL LARSIM

WWM LARSIM = Erweiterung des WHM LARSIM

- Entwickelt durch LUBW Karlsruhe (seit 2003)

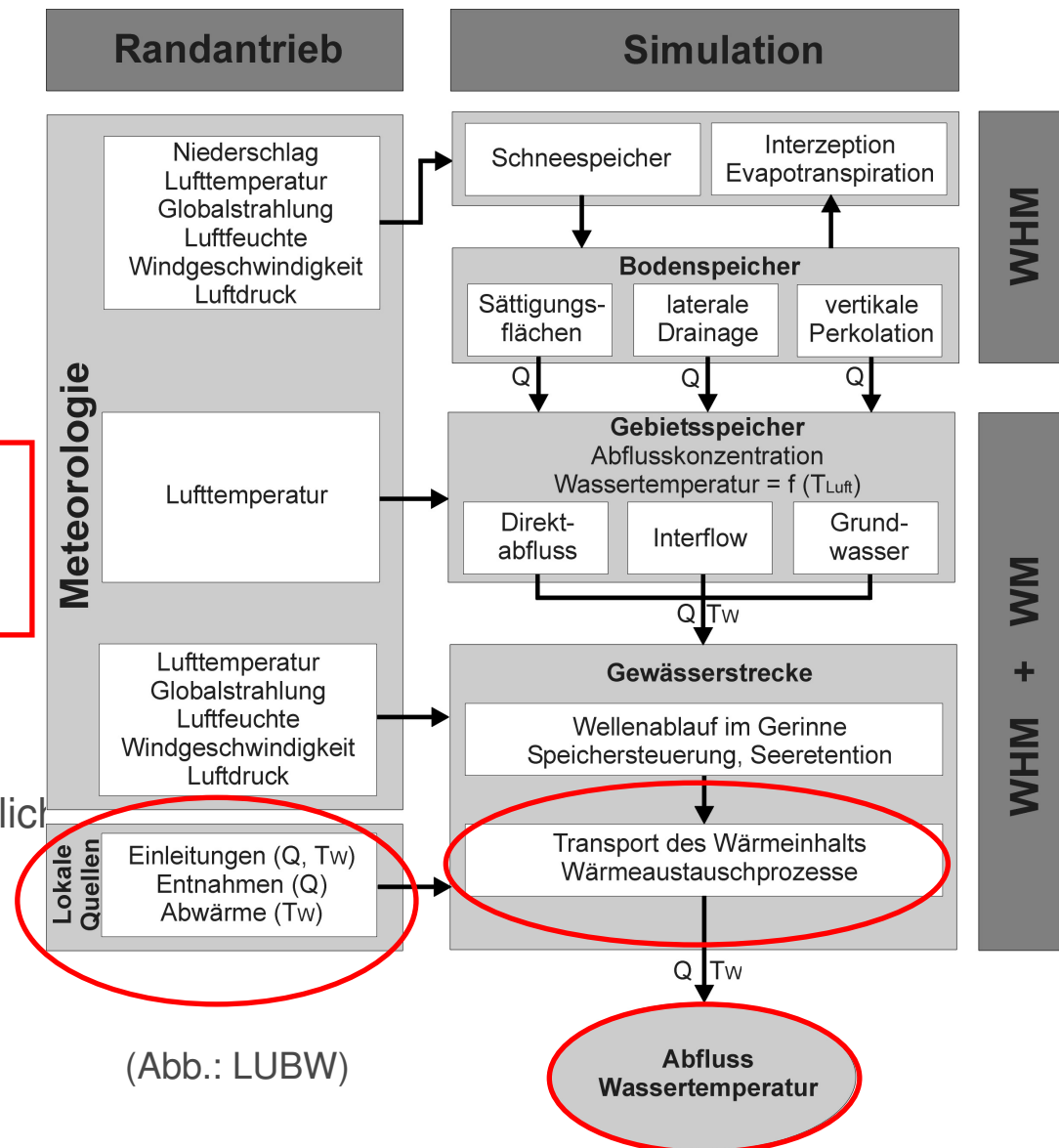
Vorteil bei gleichzeitigem Betrieb von WHM-LARSIM stehen (bis auf Einleiterdaten) alle Antriebsdaten (inkl. Abflussvorhersagen) zur Verfügung !!

Operationelle Betriebsmöglichkeit! (vs. QSIM)

2 WASSERHAUSHALTS- UND WÄRMEMODELL LARSIM

LARSIM Wärmemodell:

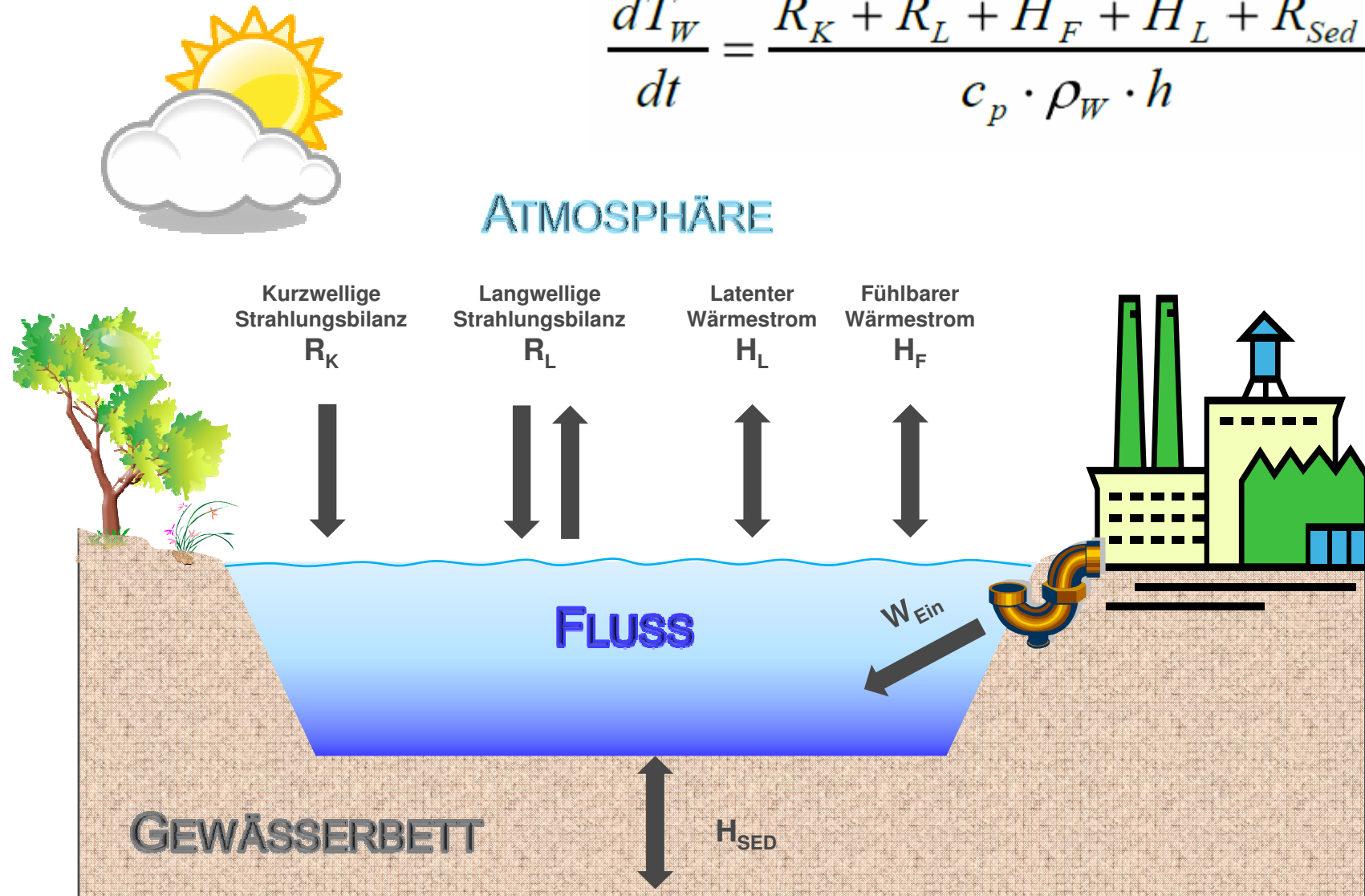
- Einlesen und Interpolation meteorologischer Daten
- Berechnung des Wasserhaushalts
- Flood-Routing (Wellenablauf)
- Advektion und Dispersion des Wärmeinhalts im Fluss
- Wärmeaustauschprozesse im Fluss
- Operationelle Umgebung
- automat. Modellnachführung
- Stunden- und Tageswertmodus möglich



Vereinfachte Wärmehaushaltsgleichung

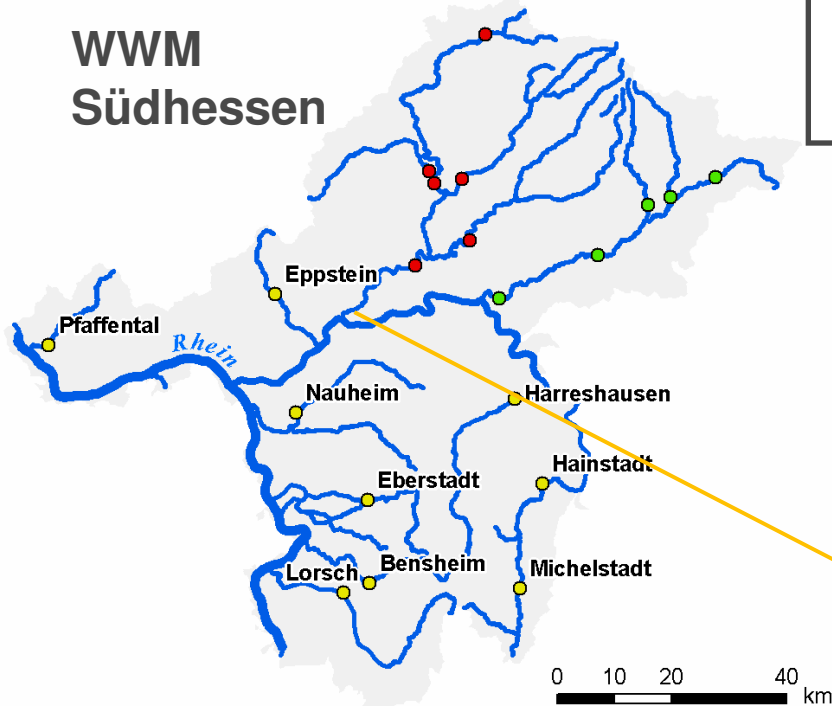
Einflussfaktoren im LARSIM-WM

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



3 WÄRMEMODELL FÜR SÜDHESSEN (7218 KM²) UND DEN MAIN (77KM)

WWM Südhesen



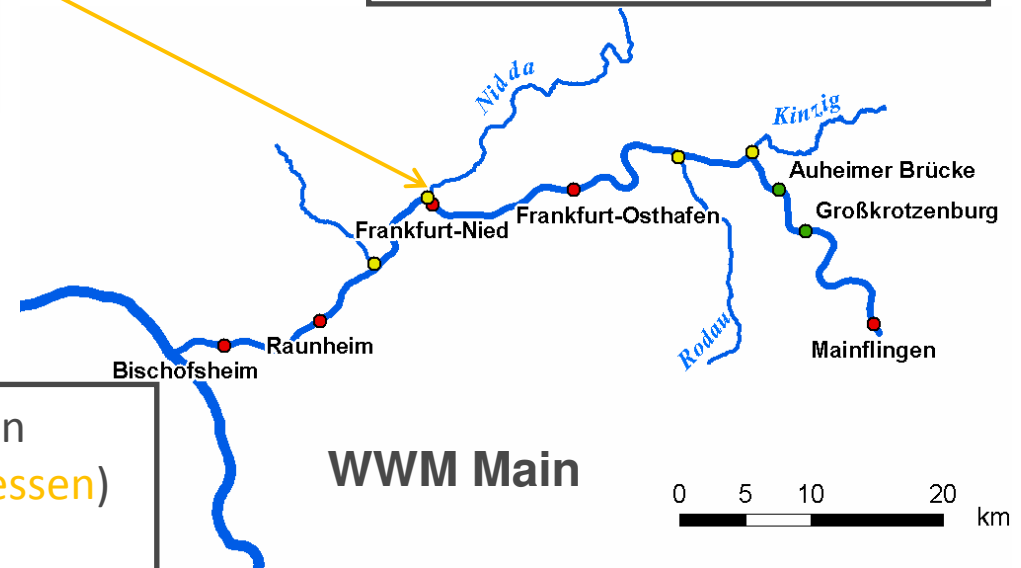
23 PEGEL MIT VORHERSAGEN

19 TEMPERATURMESSSTELLEN

6 industr. Wärmeeinleiter
4 Kraftwerke
5 Kläranlagen

7 Temperaturmessstellen
4 Zuflüsse (WWM Südhesen)
3 Abflusspegel

WWM Main



➤ Kalibrierparameter und Gütemaße: **WWM Main**

KALIBRIERPARAMETER FÜR DAS PHYSIKALISCHE MODELL

- **F_{Schatt}**: Maß für die Beschattung des Gewässers
- **F_{Wind}**: Faktor zur Korrektur der Windgeschwindigkeit
- **F_{RAtm}**: Faktor für den Strahlungsanteil bei klarem Himmel
- **C_{ZSed}**: Effektive Wärmekapazität des Gewässerbetts
- **K_{Sed}**: Wärmeübergangskoeffizient an der Gewässersohle

TABELLE: GÜTEMAßE (2001 – 2010) BEI DER SIMULATION MIT DEM PHYSIKALISCHEM

MODELL	Messstelle am Main	R ²	RMSE	NSC _{min}	NSC _{max}	NSC _{mean}
	Frankfurt-Osthafen (Main-km 37,8)	0,99	0,68	0,98	1,00	0,99
	Frankfurt-Nied (Main-km 25,8)	0,99	0,63	0,98	1,00	0,99
	Raunheim (Main-km 12,3)	0,99	0,53	0,99	1,00	0,99
	Bischofsheim (Main-km 4,0)	0,99	0,69	0,98	0,99	0,99

R² = Korrelationskoeffizient

RMSE = root mean square error (Standardabweichung)

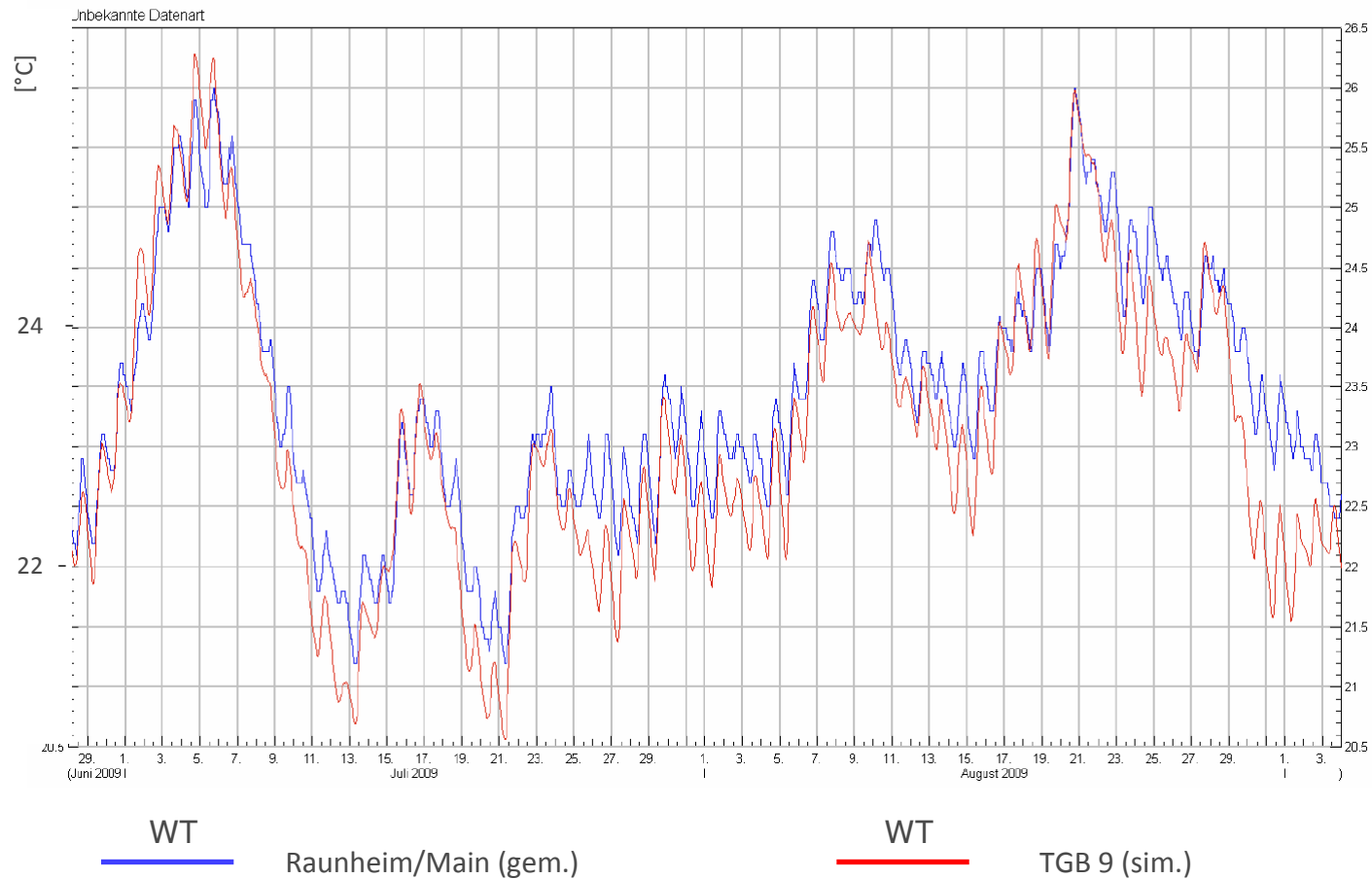
NSCmin = Nash-Sutcliffe-Koeffizient im schlechtesten Jahr

NSCmax = Nash-Sutcliffe-Koeffizient im besten Jahr

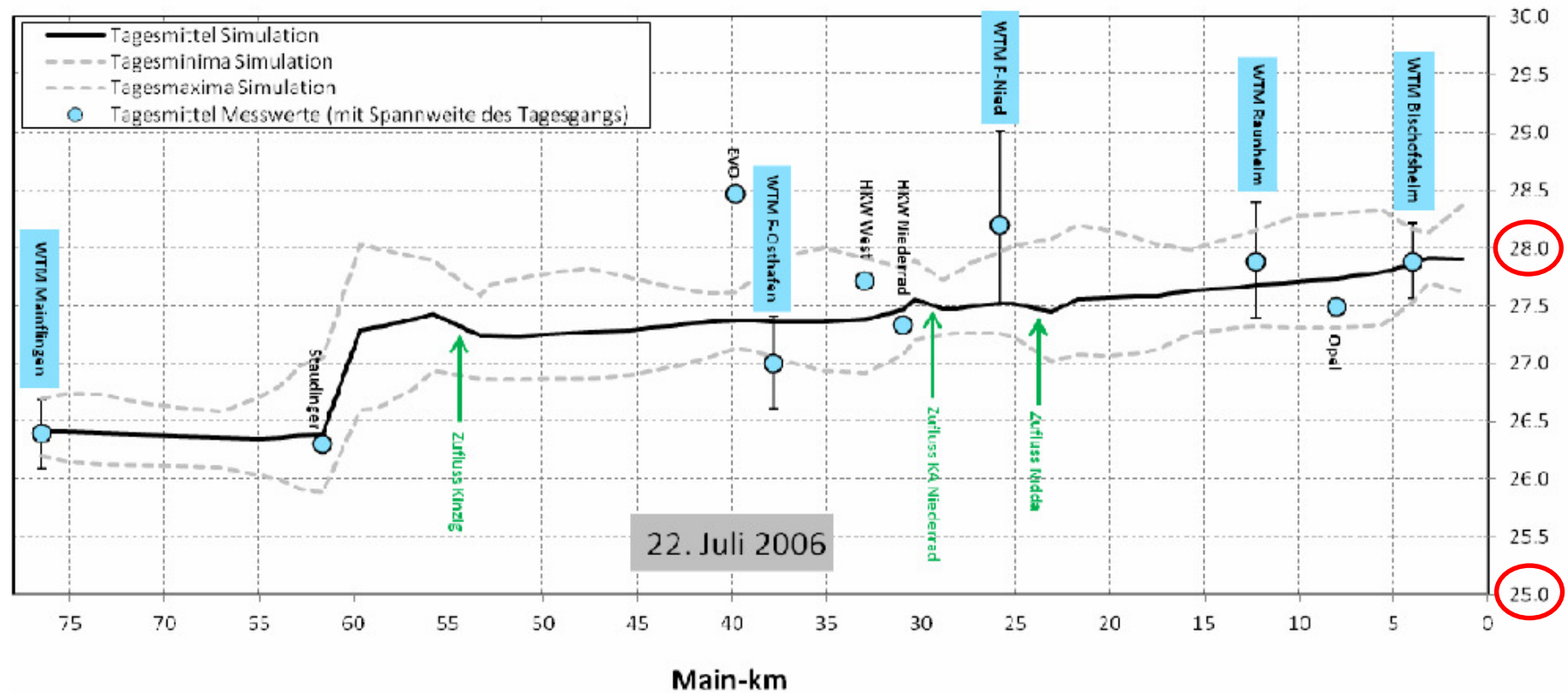
NSCmean = Nash-Sutcliffe-Koeffizient im Mittel über alle 10 Jahre

Pegel Raunheim/ Main

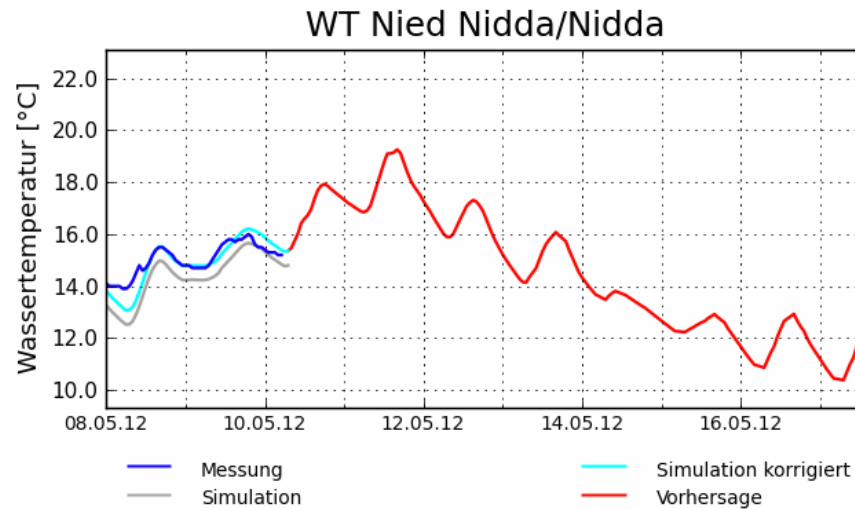
Wassertemperatur (gem. und sim.) für Juli und August 2009:



➤ Längsprofil der Wassertemperaturen entlang des hessischen Mains am 22. Juli 2006:

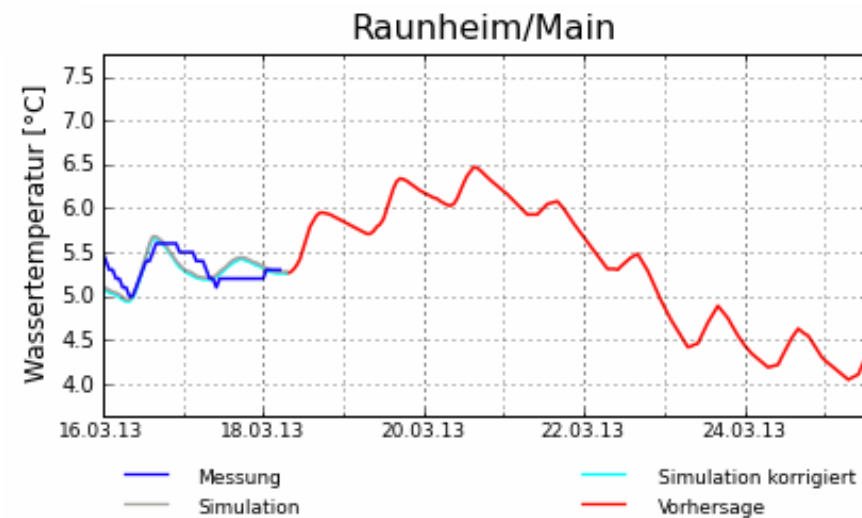


4 OPERATIONELLER BETRIEB WWM IM HLUG

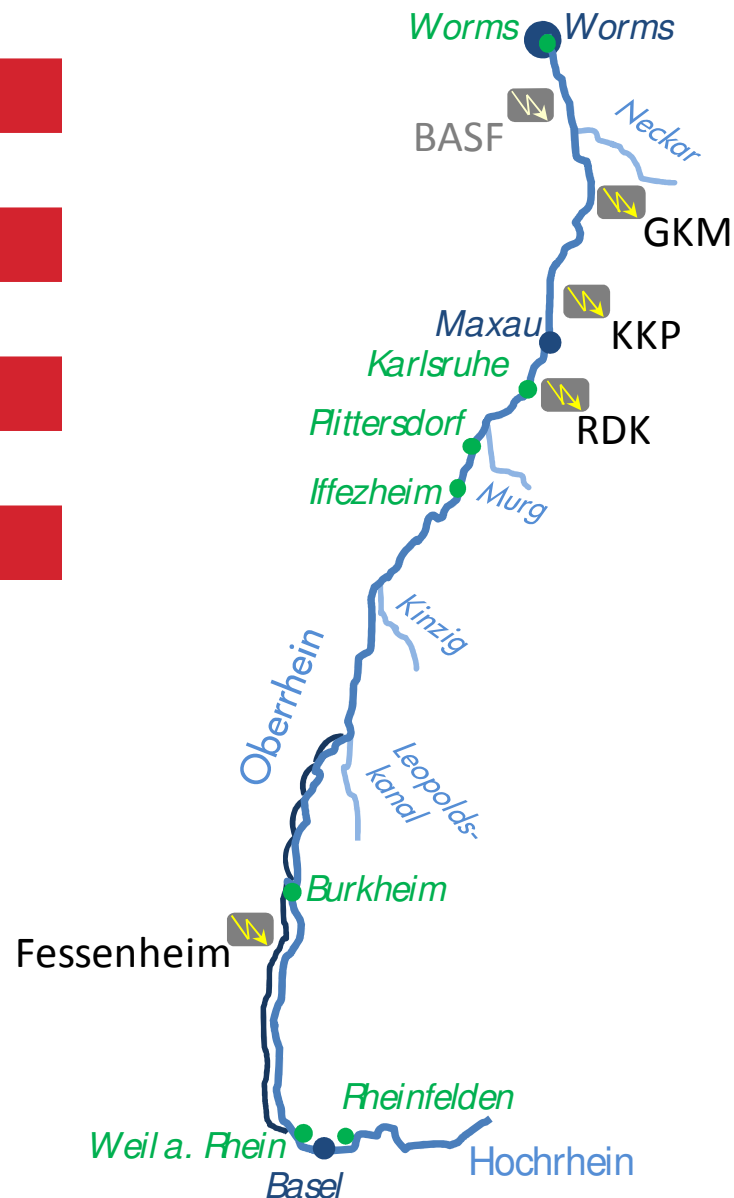


➤ WWM Südhessen:
Operationeller Testbetrieb seit
April 2012:

➤ WWM Main:
Operationeller Testbetrieb seit
Anfang 2013:



5.1 Wärmemodell Oberrhein (LUBW Karlsruhe im op. Betrieb)



Wasserstands-Messdaten:

Basel, Maxau, Worms

Wassertemperatur-Messdaten:

Rheinfelden, Weil am Rhein, Burkheim, Iffezheim, Plittersdorf, Karlsruhe, Worms

Wärmeeinleiter:

Kraftwerksstandorte, Industrie-einleiter

Kühlturmverdunstung:

Kraftwerksstandorte mit Kühlturbetrieb

Zufluss Neckar:

Sämtliche Informationen (Abflüsse, Wassertemperaturen, Wärmeeinleiter) aus dem Wärmemodell Neckar

5.2 Wärmemodell Mittelrhein 240 km (LUWG Mainz, HLUG Wiesbaden)



ca. 240 km

Wasserstands-Messdaten:

Mainz, Kaub, Andernach, Köln

Wassertemperatur-Messdaten:

Mainz, Koblenz, Bad Honnef

Wärmeeinleiter:

KKW Biblis, KW Mz-Wi

Zufluss Main:

Sämtliche Informationen aus dem Wärmemodell Main

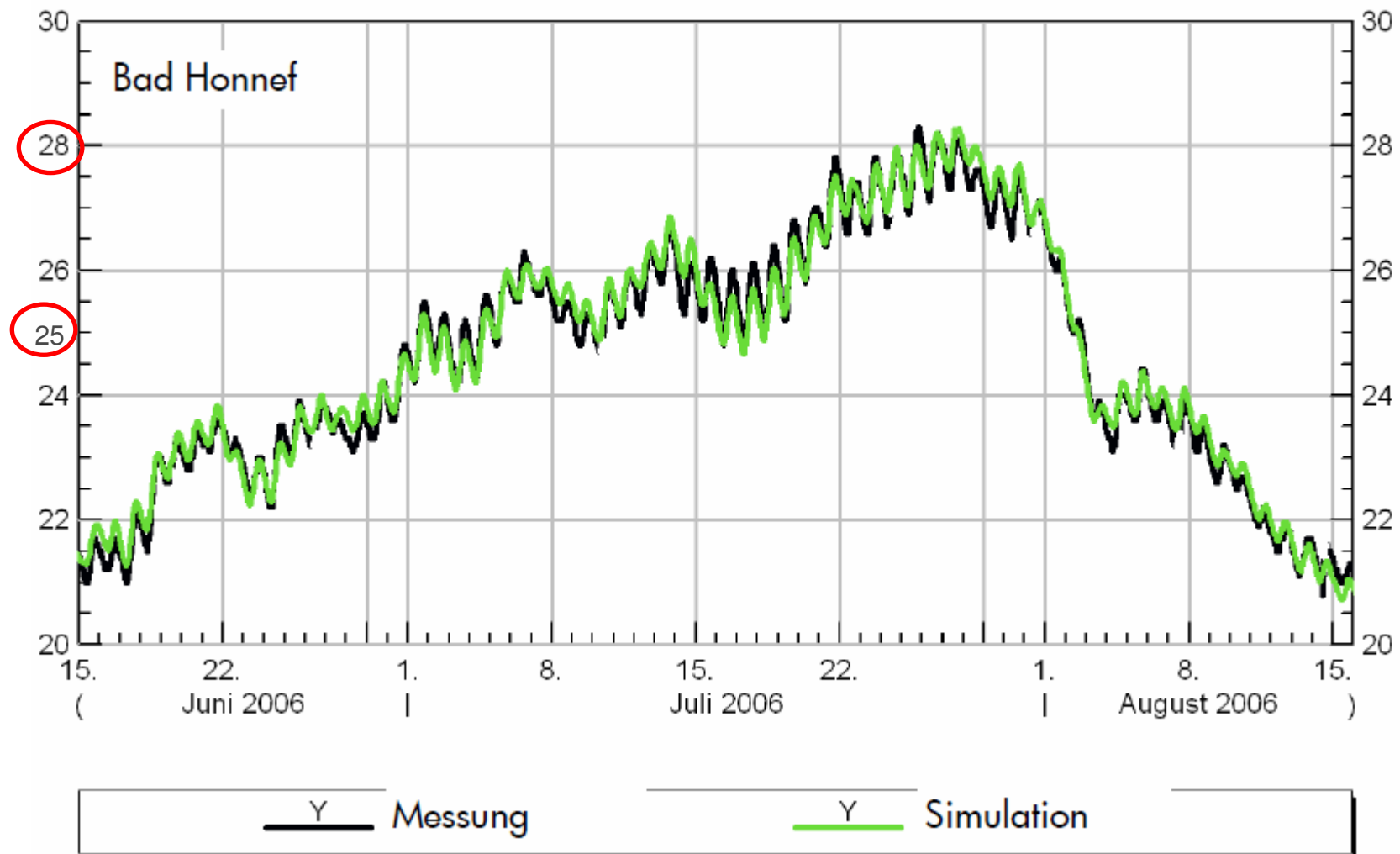
5.2 Wärmemodell Mittelrhein: Kalibrierung

Tabelle 5-7: Übersicht über die Güte der simulierten Wassertemperatur an den verwendeten Messstellen am Mittelrhein

Messstelle	Stundenwerte			Tageswerte		
	n	RMSE	NSC	n	RMSE	NSC
Mainz*	-	-	-	3 256	0,25	0,998
Koblenz	86 816	0,31	0,998	3 618	0,30	0,998
Bad Honnef	62 264	0,31	0,998	2 616	0,29	0,999

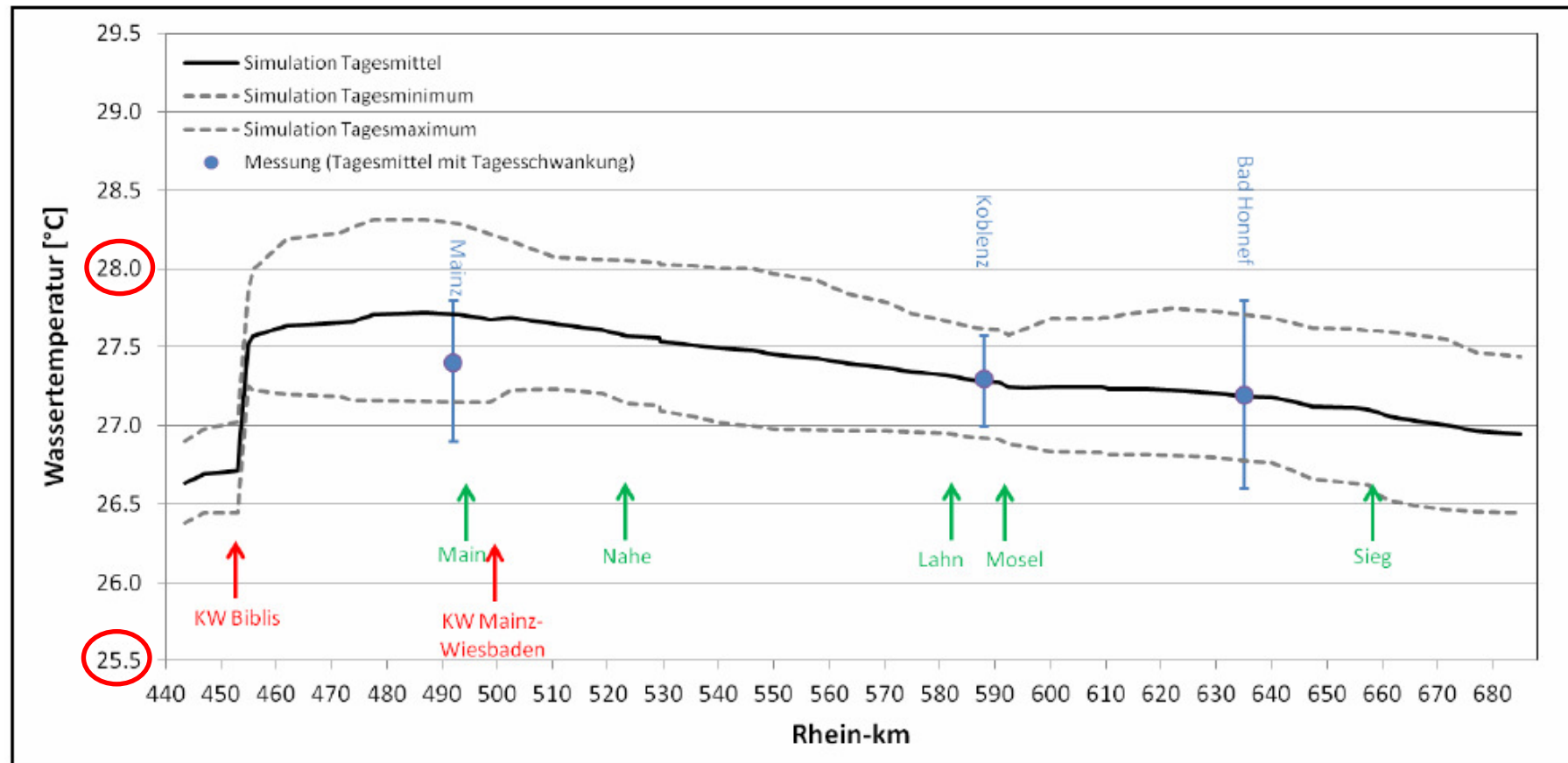
5.2 Wärmemodell Mittelrhein

Vergleich Messung – Simulation So 2006



5.2 Wärmemodell Mittelrhein

Längsprofil der Wassertemperatur am Rhein 23.07.2006



5.3 Wärmemodell Rhein „Erweiterung bis Köln“



- Verlängerung der modellierten Rheinstrecke von Worms bis Köln ✓
 - Integration des LARSIM-Wärmemodells für den Main ✓
 - Fertigstellung des offline-Modells ✓
-
- Tägliche Zulieferung der Inputdaten (Meteorologie, Abflüsse, Wassertemperaturen, Einleiter, Vorhersagen)
 - Operationelle Inbetriebnahme des Rhein-Gesamtmodells in 2013

Einsatzmöglichkeiten des LARSIM-Wärmemodells Rhein

- Operationelle Simulationen und **Vorhersagen von Wasser-temperaturen** z.B. zur Früherkennung von wasserrechtlich kritischen Situationen (Aufgabe der Bundesländer) in Niedrigwasserphasen
- Offline-Berechnungen z.B. zur Analyse der **Auswirkungen einzelner Wärmeeinleiter** auf die Wassertemperatur eines Gewässers
- Offline-Untersuchungen zur Auswirkung von **Klimaveränderungen** auf die Wassertemperaturen eines Gewässers, aktuell i.R. IKSР mit Wärmemodellen im Tageswertmodus