



LARSIM-Langfristsimulation zur Ableitung von regionalisierten Mittel- und Niedrigwasserkennwerten in Hessen

Sebastian Wrede





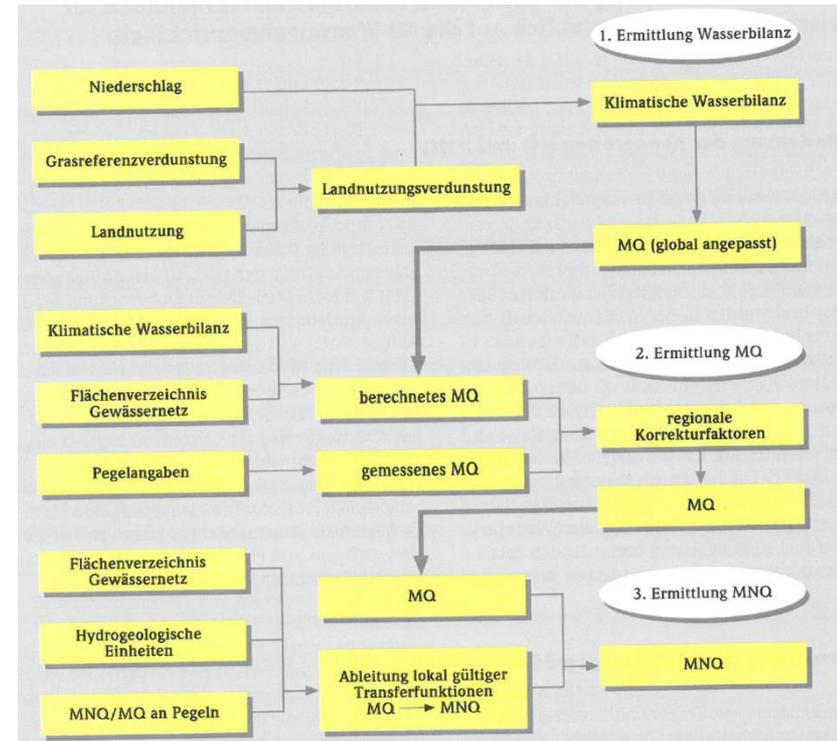
Hintergrund und Zielsetzung

Mittel- und Niedrigwasserkenngößen (MQ und MNQ) sind aussagekräftige Kenngrößen zur Beschreibung des Wasserhaushaltes und dienen als Parameter zur Festlegung von Bemessungswerten:

- Grundlage für Stofffrachtberechnungen, sowie Grundlage zur Bewertung der Gewässerbelastung im Hinblick auf den Schmutzwasseranteil aus Kläranlagen und zur Quantifizierung von möglichen Wasserentnahmen.
- In der wasserwirtschaftlichen Praxis für Bemessungsaufgaben für den Gewässerbau und Plan- und Genehmigungsverfahren benötigt.

Hintergrund und Zielsetzung

- Fortschreibung auf Grundlage verlängerter Zeitreihen, da die letzte landesweite Regionalisierung von Mittel- und Niedrigwasser-Kenngrößen 2002 erfolgte.
- Neue Anforderungen durch einen Mindestwassererlass des HMKLV vom 15.12.2016. (u.a. Berücksichtigung von hydrol. Winter- und Sommerhalbjahren).
- Einbindung von Kläranlagen-einleitungen und ihrer jahreszeitlichen Verteilung.





Hintergrund und Zielsetzung

Auswahl eines Regionalisierungsverfahrens

- Einfache Übertragungsverfahren
 - a. Abflussspendenübertragung
 - b. Interpolation von Abflussbändern
- Multiple Regression
- Index-Verfahren
- Räumliche Interpolation (Kriging)
- Wasserhaushaltsmodelle

Anwendung des Tageswert-basierten Wasserhaushaltsmodells **LARSIM**

- ✓ Einbindung von Kläranlageneinleitungen möglich
- ✓ Szenarienbetrachtungen möglich
- ✗ Vergleichsweise hoher Aufwand für Kalibrierung- und Validierung
- ✗ Daten- und Modellunsicherheiten

Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

Modellaufbau der Tageswert-basierten LARSIM Modelle

- 3 LARSIM Teilmodelle, semi-distribuiert, Tageswert-basiert
- Vernetzung der einzelnen Modellteilgebiete (mittlere Flächengröße ca. 5 km²) in den 3 LARSIM Teilmodellen (insgesamt 4.513 Teilgebiete)
- Integration von Pegel, HW-Rückhaltebecken und Talsperren



WHM	Einzugs- gebiets- größe (km ²)	Pegel	Hochwasser- rückhalte- becken	Tal- sperren
Lahn	5.930	21	3	4
Südhessen	7.219	32	27	2
Nordhessen	10.750	36	8	5



Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

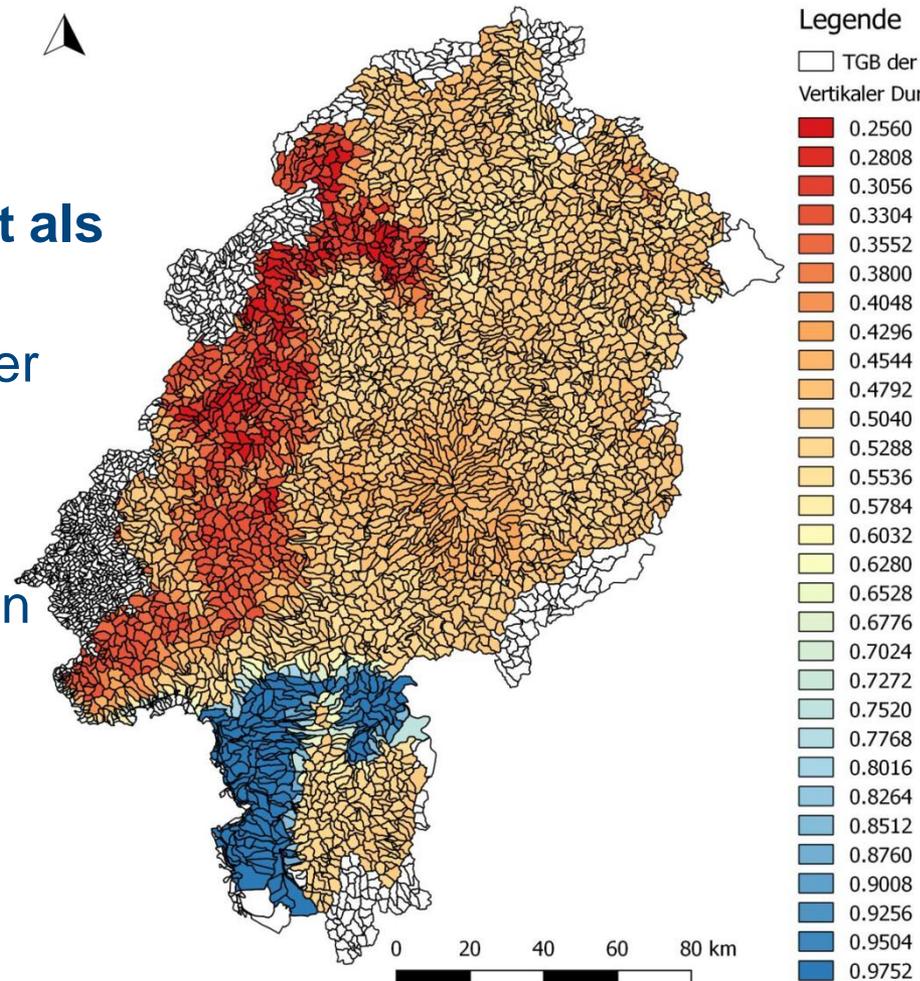
Klimatologische Daten

- Erweiterung und Aufbereitung der klimatologische LARSIM-Inputdaten der Parameter **Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit** und **Luftdruck** (u.a. HYRAS-Daten) für den Zeitraum 1970-2010:
 - Ergänzung von Stationsdaten in Nordhessen.
 - Korrektur von Höhenlagen und doppelten Stationen.
 - Plausibilisierung des Globalstrahlungsdatensatzes.
- Verwendung von **Niederschlagsdaten** aus dem REGNIE-Datensatz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit regionalisierten täglichen, unkorrigierten Niederschlagshöhen auf 1km² Rasterbasis für den Zeitraum 1970-2010.

Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

Erstellung und Einbindung höher aufgelöster vertikaler Durchlässigkeitsbeiwerte (VDB)

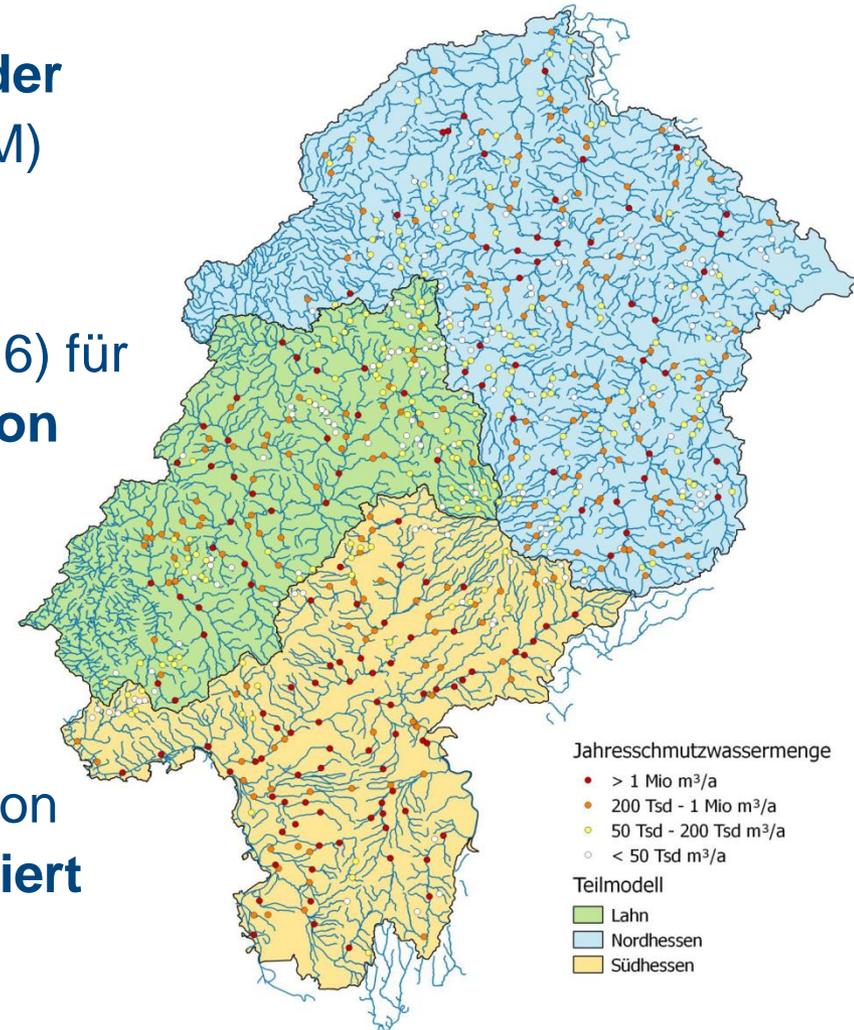
- Zur besseren räumlichen Berücksichtigung der Hydrogeologie wurde die **vertikale Durchlässigkeit als hydrogeologisches Hintergrundfeld** aus höher aufgelösten Daten **neu berechnet**.
- Analog zu einem Verfahren der LUBW wurden die **VDB-Werte** aus einer Klassifizierung von **GW-Leitertypen** und **BFI-Rasterdaten** abgeleitet.



Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

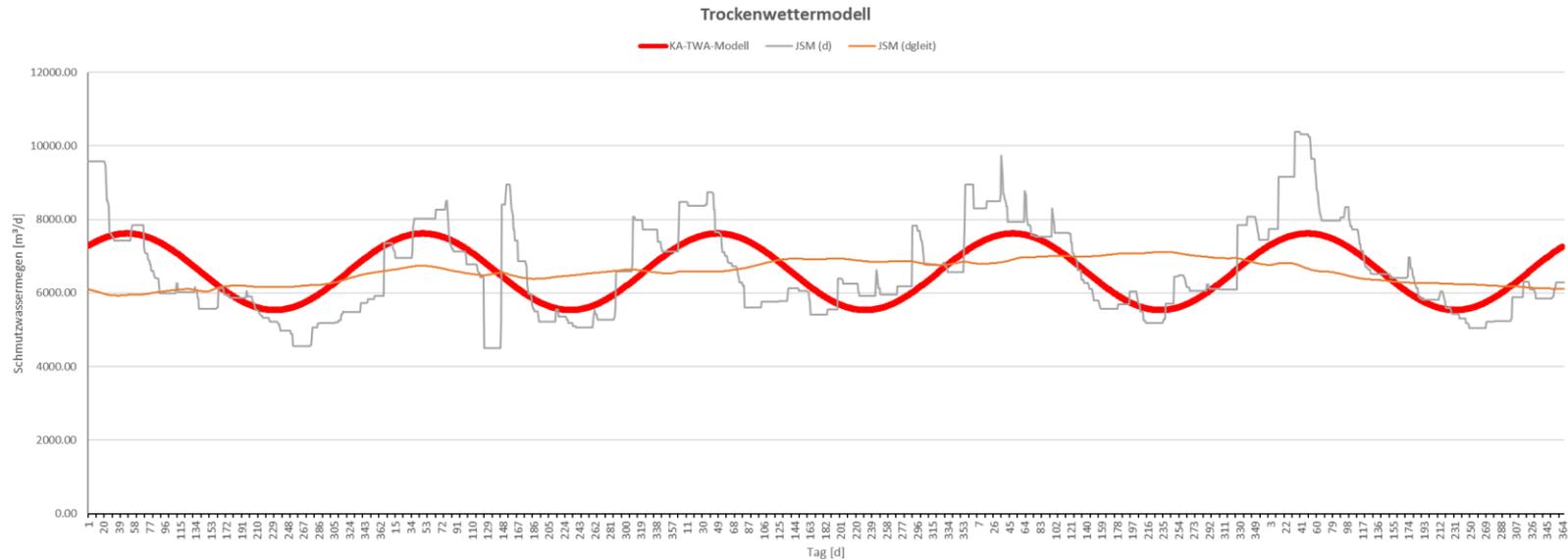
Datenaufbereitung und Bereitstellung von Kläranlagen-Einleitungen

- Für die **jahreszeitliche Verteilung der Jahresschmutzwassermenge (JSM)** von ca. 700 Kläranlagen in Hessen wurde der einfache und robuste Modellansatz von Liebert et. al. (2016) für die **hessische Anwendungssituation** angepasst.
- Der modifizierte Ansatz wurde anhand von vorliegenden **mehrjährigen Zeitreihen der täglichen Abwassereinleitungen** von hessischen Kläranlagen **parametrisiert und überprüft.**



Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

Trockenwetterabfluss-Modell



- Es wird **eine Ganglinie für jedes Teilgebiet**, in dem sich ein oder mehrere Kläranlagen befinden erzeugt.
- Einleiter-Ganglinien werden in LARSIM als **Datei in Form von Jahresgängen** übergeben.

$$Q_{TW}(t) = a \times \sin\left(\frac{2\pi}{366} \times (t + c)\right) + \frac{JSM}{366}$$

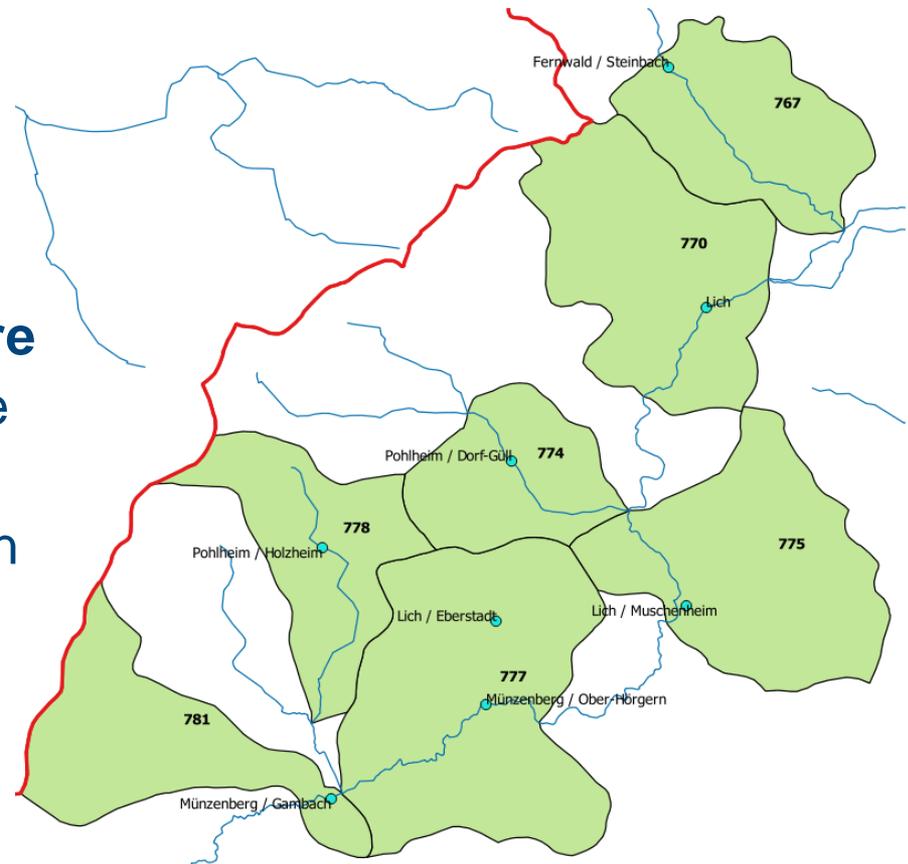
Q_{TW}	Tageswert des Trockenwetterabflusses in [m ³ /d]
t	laufender Tag im Jahr (1 ... 366)
a	kläranlagenspezifische Amplitude der Jahresschwingung in [m ³ /d]
C	allgemeingültige Phasenverschiebung der Jahresschwingung in [d]
JSM	kläranlagenspezifische Jahresschmutzwassermenge in [m ³ /a]

Aktualisierung der LARSIM Teilmodelle

Datenaufbereitung und Bereitstellung von Kläranlagen-Einleitungen



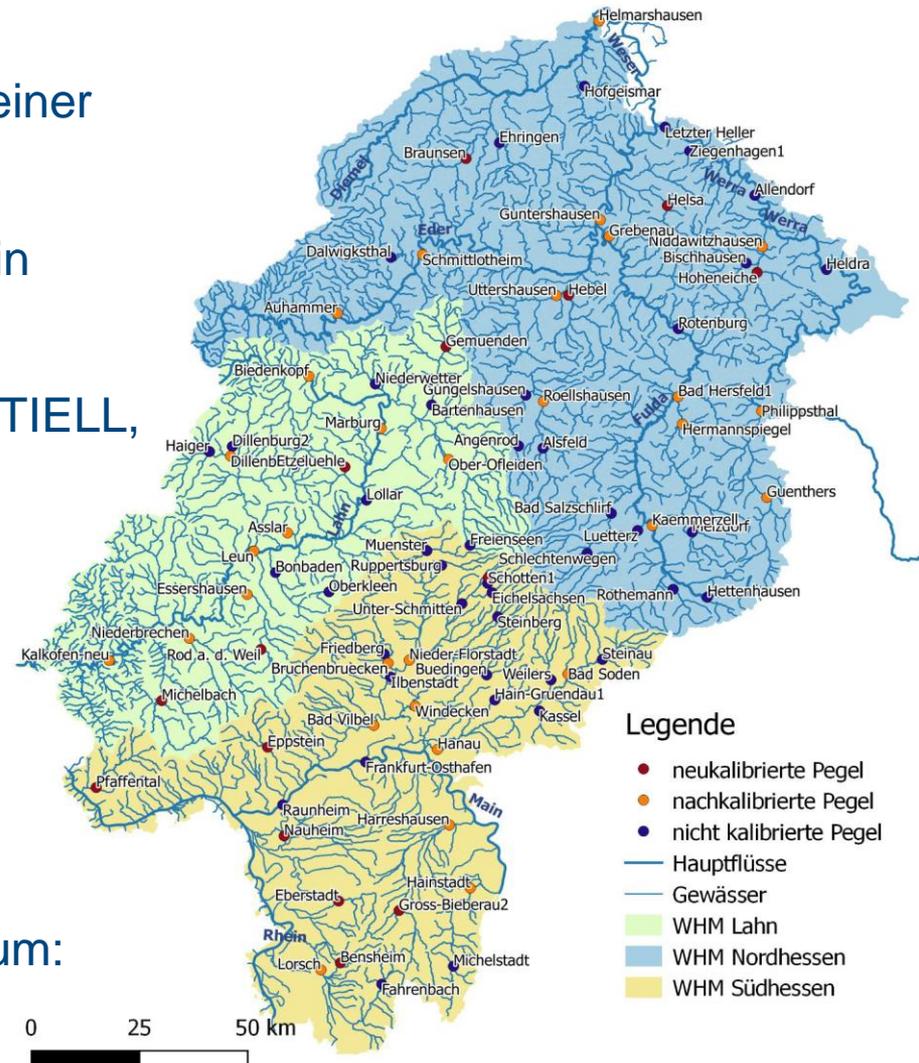
- **Zuweisung jeder Kläranlage** über die Koordinaten ihrer Einleitungsstelle zu einem **LARSIM Teilgebiet**.
- In 41 Teilgebieten gibt es **mehrere Kläranlagen pro TGB**. Damit die Zuflüsse beider Kläranlagen ins Modell eingehen können, müssen sie **aufsummiert**, d.h. zu einer Ganglinie vereint werden.



Anwendung der LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle

Modelleinstellungen und Kalibrierung

- **Warmup** für den Zeitraum:
01.01.1971 – 31.10.1980, Ermittlung einer Zustandsdatei für den 01.01.1981
- **Zuflussganglinien** für Werra und Main
- **LARSIM-Optionen:** u.a. TIEFENVERSICKERUNG EXPONENTIELL, EINLEITER JAHRESGANG
- **Kalibrierung** für den Zeitraum:
01.01.1981 – 31.12.2010
 - 15 neu kalibrierte Pegel
 - 31 nachkalibrierte Pegel
 - 43 nicht kalibrierte Pegel
- **Kennwert-Ermittlung** für den Zeitraum:
01.11.1980 – 31.10.2010





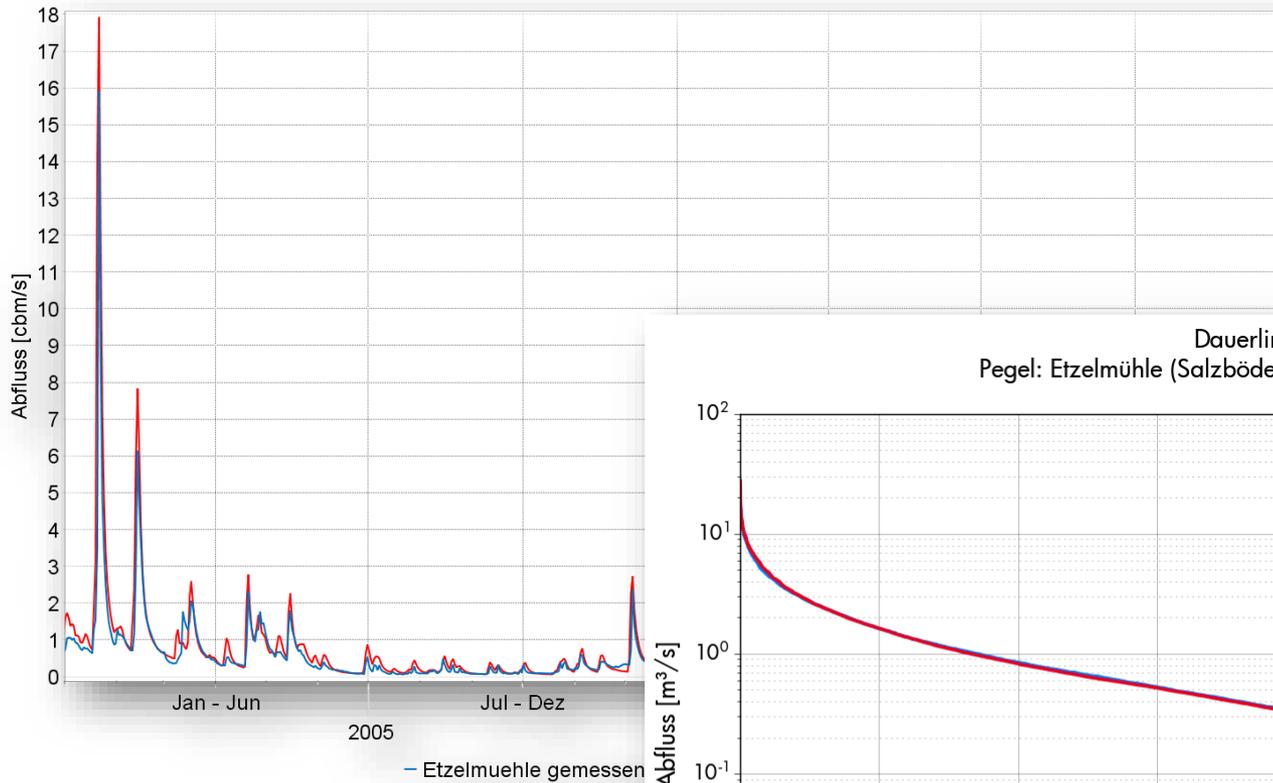
Anwendung der LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle

Nachkalibrierung – Anpassung der Modellparameter

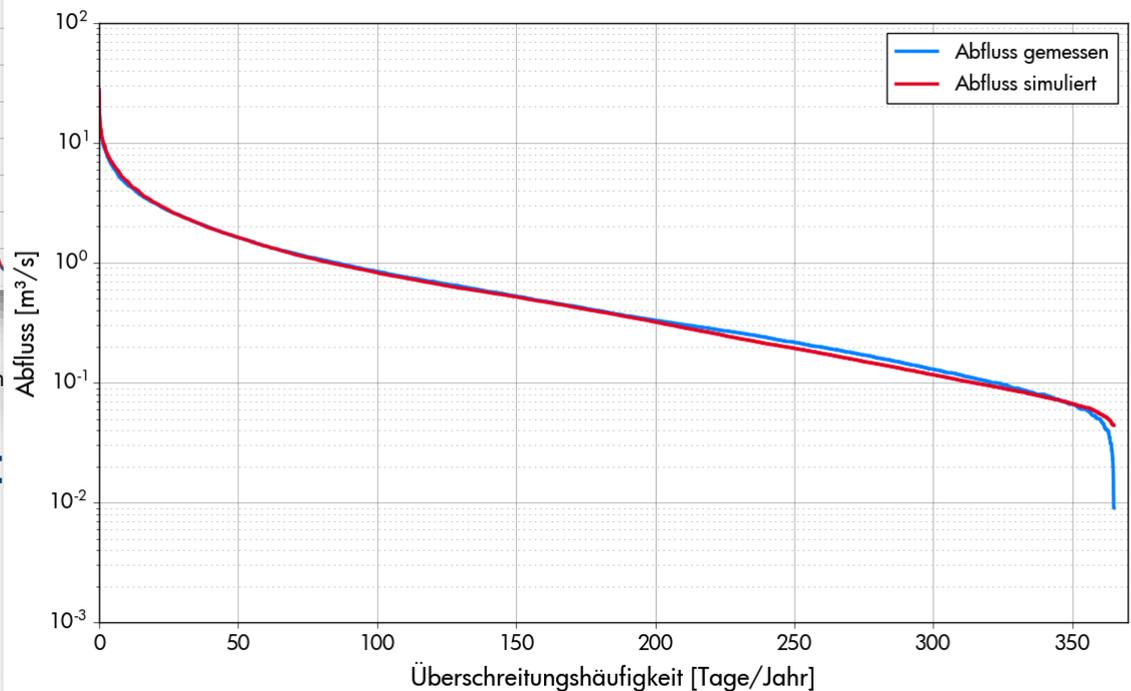
	Pegel	TGB	KG	beta	f _{bas}	EQB	D _{max}	D _{min}	EQI	EQD	EQD2	A2	BSF	EKM	EKL	EKR
				Basisabfluss			Zwischenabfluss			Direktabfluss				Rauhigkeit		
LAHN	Biedenkopf	85	x	x	x	x	x									
	Ober-Ofleiden	204	x	x	x	x			x			x	x			
	Marburg	329	x	x	x		x		x							
	Dillenburg I	538	x	x				x	x							
	Aßlar	618		x		x			x							
	Leun	653	x	x	x	x	x						x			
	Essershausen	720	x	x	x	x			x					x	x	x
	Niederbrechen	805	x	x	x	x	x									
	Kalkofen-neu	1071		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
NORD- HESSEN	Günthers	37	x	x	x		x									
	Philippsthal	76	x	x	x								x			
	Niddawitzhausen	244		x	x	x			x		x	x				
	Kämmerzell	404	x	x	x	x	x		x							
	Hermannspegel	655	x	x	x	x	x		x				x			
	Bad Hersfeld I	669		x		x			x							
	Grebenau	802	x	x	x	x							x	x	x	x
	Auhammer	951	x	x		x								x		
	Schmittlotheim	1086	x	x		x								x		
	Röllshausen	1233	x	x	x	x								x		
	Uttershausen	1357	x	x			x				x	x		x		
Guntershausen	1450		x		x									x	x	x
Helmarshausen	1814	x	x		x	x		x					x			
SÜD- HESSEN	Lorsch	96	x	x	x	x	x	x	x				x			
	Hainstadt	348	x	x		x			x				x			
	Harreshausen	439	x	x	x		x		x							
	Bad_Soden	517	x	x		x							x			
	Hanau	598	x	x		x	x		x	x	x		x			
	Nieder-Florstadt	750		x		x							x	x	x	x
	Bruchenbrücken	829	x	x	x	x										
	Windecken	908	x	x	x	x	x									
	Bad_Vilbel	916	x	x	x	x										

Anwendung der LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle

Validierung – Beispiel Pegel Etzelmühle/Salzböde



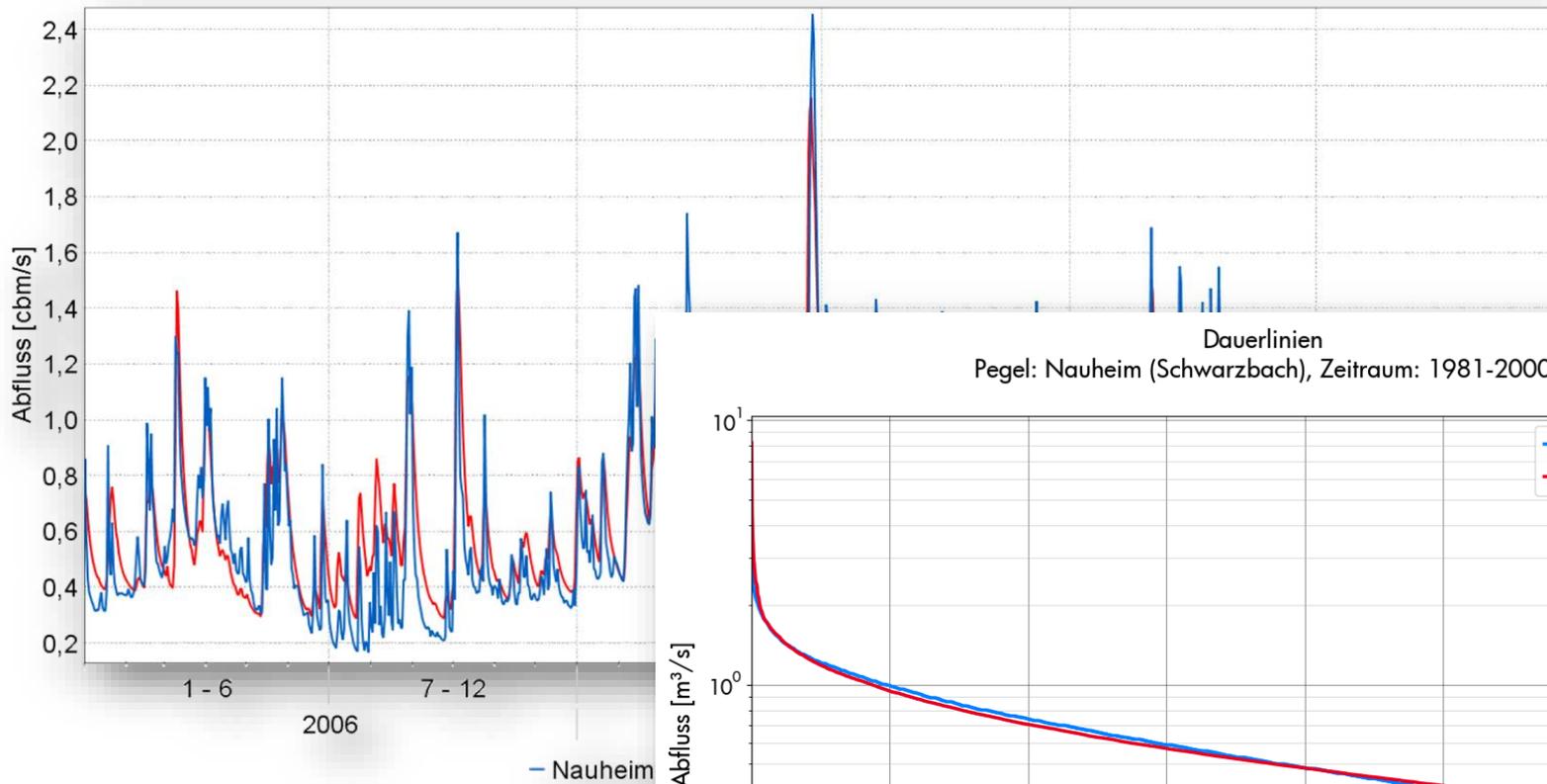
Dauerlinien
Pegel: Etzelmühle (Salzböde), Zeitraum: 1981-2000



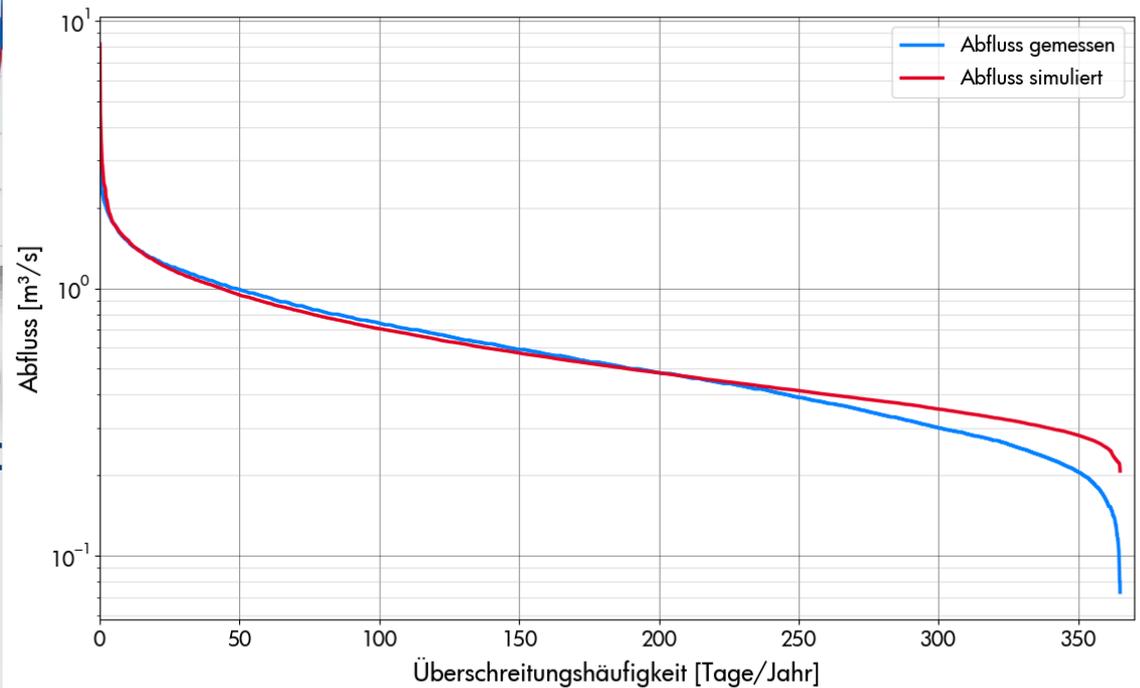
- Modellbilanz (sim/gem):
- NSE: 0,84, Log NSE: 0,
- MQ (sim/gem): 1,00
- MNQ (sim/gem): 1,00

Anwendung der LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle

Validierung – Beispiel Pegel Nauheim/Schwarzbach



Dauerlinien
Pegel: Nauheim (Schwarzbach), Zeitraum: 1981-2000



- Modellbilanz (sim/gem):
- NSE: 0,61, Log NSE: 0,
- MQ (sim/gem): 1,02
- MNQ (sim/gem): 1,32



Anwendung der LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle

Validierung

- Für **alle kalibrierten Pegel** wurden die Indikatoren (u.a. Modellbilanz, NSE, Log NSE) im Vergleich zu dem Zustand vor der Modellerweiterung und Nachkalibrierung im **Wesentlichen verbessert**.
- Typische **Probleme der Modellanpassung**:
 - Niedrigen Abflüsse über 30 Jahre lassen sich häufig nicht gut mit nur **einer Parametrisierung für den Basisabfluss** abbilden (NQ vor allem in den 80er Jahren noch deutlich höher als in den aktuelleren Jahren)
 - **Starke, plötzliche Abnahmen** im Niedrigwasserbereich sind **schlecht** über **eine Parametrisierung des Basisabflusses**, der mit Fokus auf den Gesamtzeitraum optimiert und angepasst wurde, abzubilden
 - In sehr **kleinen Einzugsgebieten** lassen sich teilweise **nicht zutreffende Gebietsniederschläge** vermuten, da teilweise Ereignisse gar nicht abgebildet werden.
- Insgesamt zeigt die Validierung bei den **meisten Pegeln zufriedenstellende bis gute Ergebnisse**.



Ermittlung und Korrektur der modellgenerierten Abflusskennwerte

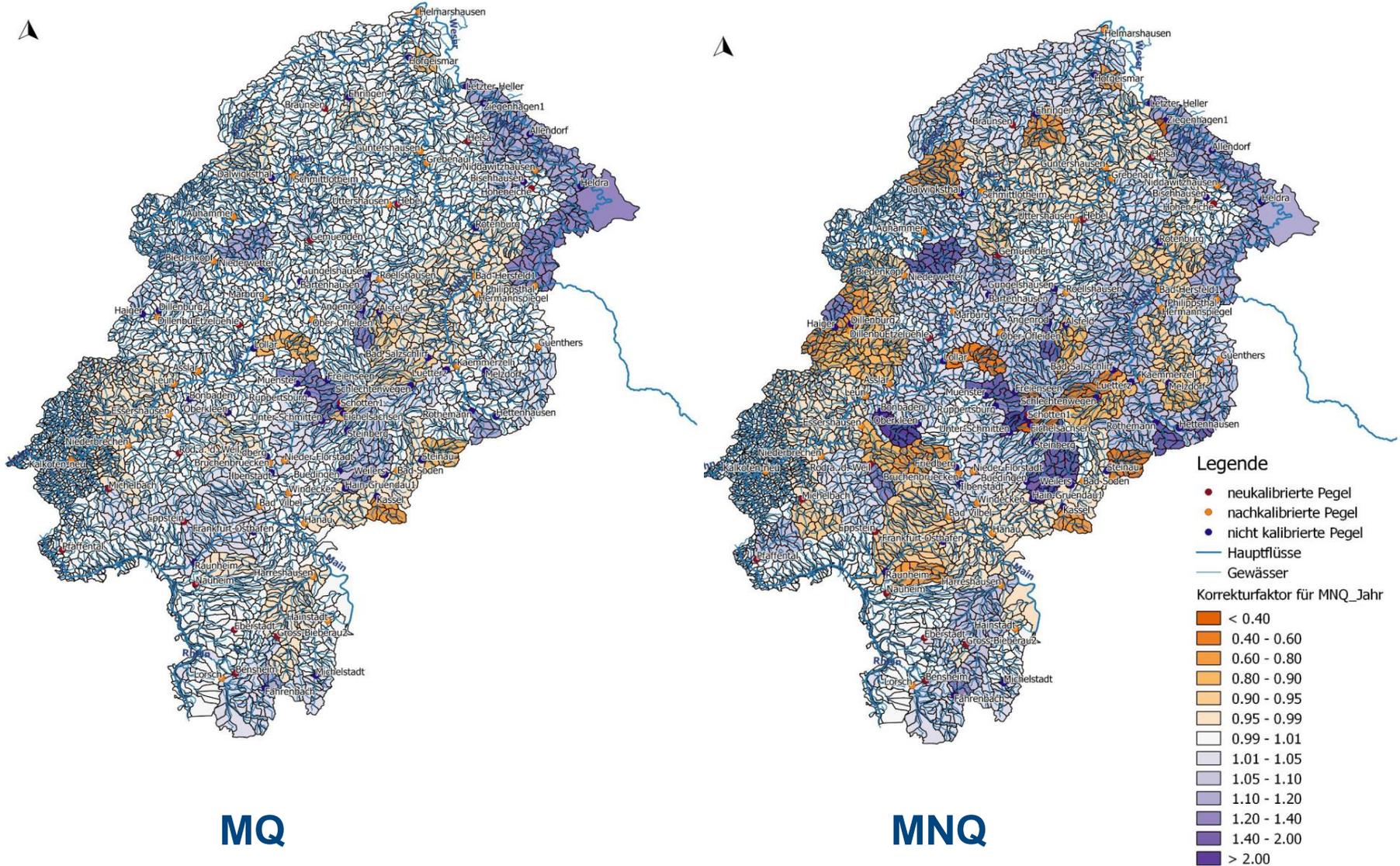
- Aus **simulierten Abflussganglinien** wurde für jedes **TGB** die **Kennwerte MNQ** und **MQ**, jeweils für ein **hydrologisches Jahr**, für ein **hydrologisches Sommer-HJ** (Mai - Oktober) und **Winter-HJ** (November - April), berechnet.
- Die über den Zeitraum 1981 - 2010 für jedes TGB berechneten Kennwerte wurden mit einem **Korrekturfaktor multipliziert**. Dieser Faktor wurde an jedem Pegel (kalibrierte und nicht kalibrierte berechnet:

$$\text{Korrekturfaktor} = \frac{Q_{\text{Kenn}_{mes}}}{Q_{\text{Kenn}_{sim}}}$$

- Der an einem **Pegel berechnete Korrekturfaktor** wurde jeweils auf **alle im Pegelkontrollbereich liegenden TGB** angewendet.

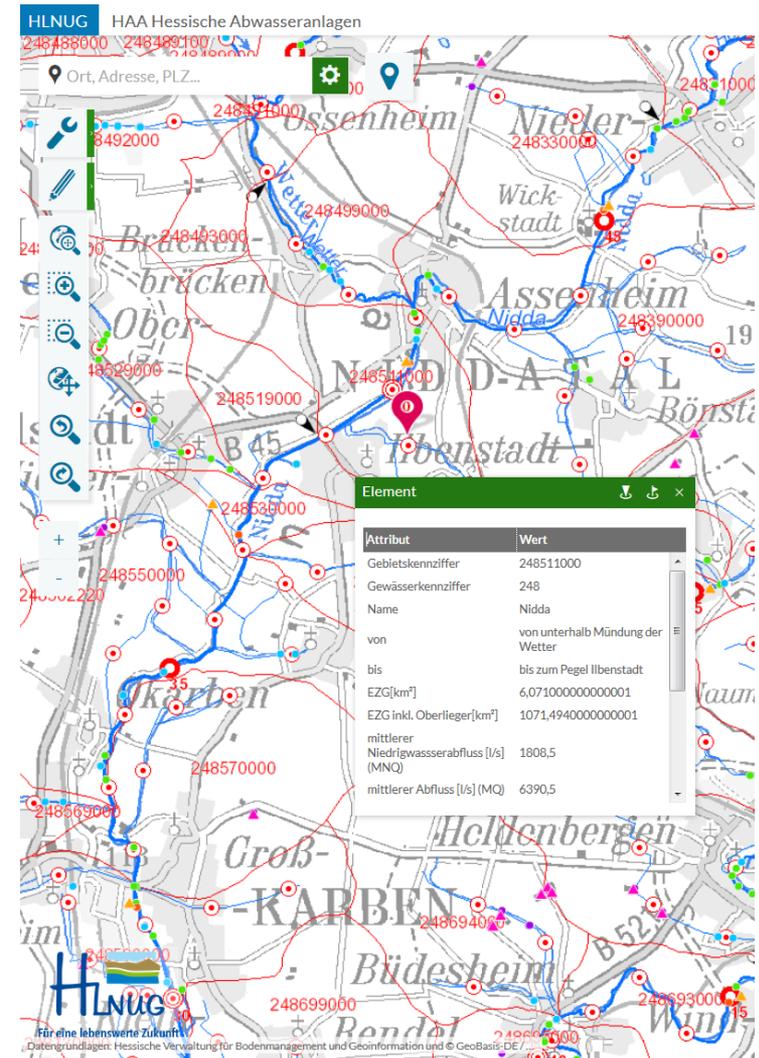


Ermittlung und Korrektur der modellgenerierten Abflusskennwerte



Ermittlung und Korrektur der modellgenerierten Abflusskennwerte

- **Validierung** der mit der LARSIM-Langfristsimulation regionalisierten Kennwerte **mit ergänzenden Messdaten**.
- **Ermittlung und Ergänzung** von **Abflusskennwerten**, die nur unzureichend von der LARSIM-Langfristsimulation abgebildet wurden. U.a. entlang von Werra, Main und Rhein.
- **Überführung** der in den LARSIM-TGB ermittelten Kennwerte auf das **aktualisierte hessische Flächenverzeichnis** mittels einer Zuordnungsvorschrift.
- **Veröffentlichung der Kennwerte** im Fachinformationssystem Hessische Abwasseranlagen (FIS HAA).





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Fragen?



Rhein bei Bingen, November 2011



Literatur

- BRAHMER G. & ALTHOFF, S. (2002): Landesweite Darstellung der Mittel- und Niedrigwasserverhältnisse für hessische Gewässer im Hinblick auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Jahresbericht 2002 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden.
- LIEBERT, J., IHRINGER, J., PREUß, P. & HAAG, I. (2016): Berücksichtigung von Kläranlageneinflüssen bei der Regionalisierung von Mittel- und Niedrigwasser-Kennwerten für Baden-Württemberg. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 37.16 „Wasserressourcen – Wissen in Flussgebieten vernetzen“, DOI:10.14617/for.hydrol.wasbew.37.16.