

Simulation des Wasserhaushalts für die Einzugsgebiete der Trinkwassertalsperren Große Dhünn (NRW) und Passaúna (Paraná, Brasilien)

Julia Krumm, Ingo Haag
HYDRON GmbH, Karlsruhe

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop 2019
19./20. März 2019 in Wiesbaden

Gefördert
durch
das BMBF



Federal Ministry
of Education
and Research



FONA

Research for Sustainable
Development

BMBF



MuDak-WRM

Projektüberblick MuDak-WRM

MuDak-WRM: Multidisciplinary data acquisition as key for a globally applicable water resources management

Hintergrund und Gesamt-Fragestellung:

- Weltweit zunehmende Bedeutung von Trinkwassertalsperren (für SDG 6)
- „Druck“ auf Trinkwassertalsperren:
 - Eutrophierung (Nährstoffeintrag)
 - Siedlungsdruck im EZG
 - Klimawandel (Trockenheit)
- Multidisziplinärer Beitrag zum Management von Trinkwasser-Talsperren und deren EZG:
 - Werkzeuge, Modelle, Monitoringstrategien
 - Möglichst „global“ übertragbar und skalierbar
- Am Beispiel der Talsperren Große Dhünn (NRW) und Passaúna (Brasilien)

Hier nur AP2/8 – Wasserhaushaltsmodellierung (mit LARSIM)



LARSIM-spezifische Ziele

→ AP2 – Wasserhaushaltsmodellierung (mit LARSIM)

Nutzung von LARSIM	Zielgrößen
Mengenbewirtschaftung der Talsperren	Q: Gesamt-Zufluss zur Talsperre
Grundlage für diffuse Stoffeinträge mit dem Abfluss (Randbedingung Stoffstrommodell MoRE)	Q: Abflussbildung in der Fläche (flächen- und lanu-differenziert)
Randbedingungen für Detailmodelle der Talsperren (Hydrodynamisch, Gewässergüte)	Q und TWAS: Differenziert nach Zuflüssen

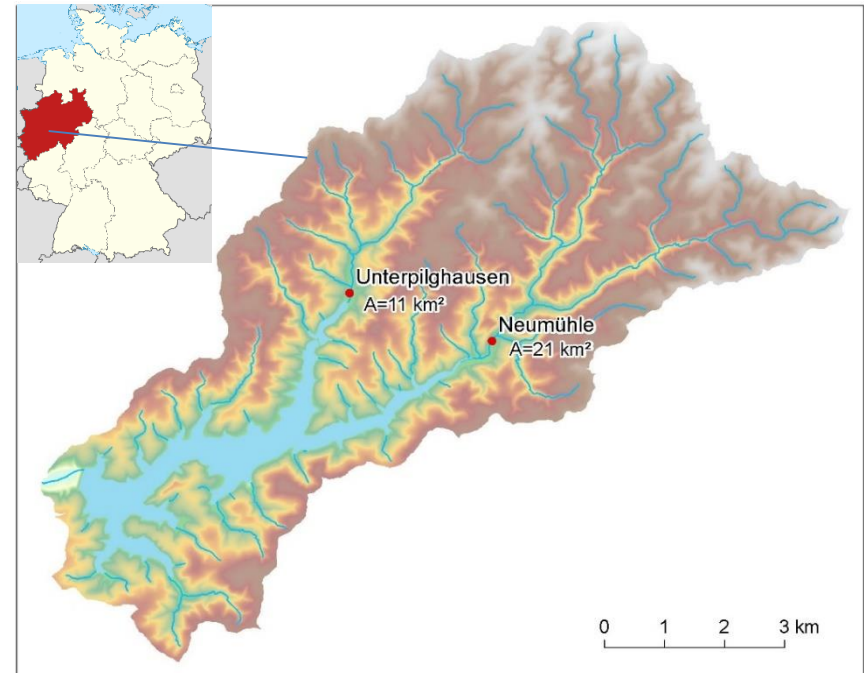
Spezifische Aufgabenstellungen:

- Benchmark-LARSIM-Modell mit bestmöglicher Datenlage (Geo- und Meteo-Daten)
 - Große Dhünn
- Übertragbarkeit / Anwendbarkeit von LARSIM WHM außerhalb Mitteleuropas
 - Mit reduzierter Datenlage
 - Unter anderen klimatischen Bedingungen
 - Passaúna
- Beurteilung der Übertragbarkeit anhand der Zielgrößen

Große Dhünn: Überblick und Modellgrundlagen

Große Dhünntalsperre:

- Zweitgrößte Trinkwassertalsperre in Deutschland für ca. 500 000 Menschen
- NRW, im Bergischen Land
- Gesamt-EZG 61 km² (+ 29 km² Überleitung)
 - Pegel Neumühle/Große Dhünn 21 km²
 - Pegel Unterpilghausen/Kleine Dhünn 11 km²
 - Zwischen-EZG ~28 km²



Modellgrundlagen:

- Ausgangspunkt LARSIM-NRW des LANUV → Weiterentwicklung
- Teil-Einzugsgebiets-Modell (mit TGB durchschnittlich ~ 0,75 km²)
- Bodenkarte 1:50 000 + ASCII-Dateien (LANUV) → Verfeinerung und Neuausweisung der UTGB
→ Ableitung aller Bodeninfos für bestmögliches Bodenmodul (nFK, LK, VDB, KapA inkl. InfDyn)
- Hohe Dichte von Meteo- und Niederschlags-Stationen (DWD, LANUV, Wupperverband)
- Sehr gute Datenlage bzgl. Entnahme, Wasserstand etc. der Talsperre selbst

Große Dhünn: Ergebnisse

Referenzdaten zur Kalibrierung und Validierung von 3 Teil-EZG:

- Gemessene Abflüsse an Pegeln Neumühle/Große Dhünn und Unterpilghausen/Kleine Dhünn
- Gesamtzufluss zur Talsperre aus dem EZG auf Basis der Talsperrenbilanz:

$$Qzu_{TS} = \Delta Vol_{TS} + Qab_{TS} - P_{TS} + Evap_{TS} - Qmes_{\text{Überl}}$$

Qzu_{TS}	Zufluss zur Talsperre
ΔVol_{TS}	Volumensänderung im betrachteten Zeitschritt
Qab_{TS}	Abgabe aus der Talsperre (Trinkwasser + Unterwasserpegel)
P_{TS}	Niederschlag auf die Wasserfläche
$Evap_{TS}$	Verdunstung von der Wasserfläche (3 Ansätze zur Unsicherheitsabschätzung)
$Qmes_{\text{Überl}}$	Gemessene Überleitung aus der Sülz

→ Gesamtzufluss kann auf Monats-Basis mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden

- Damit liegt auch Abfluss aus dem Zwischen-EZG auf Monats-Basis vor

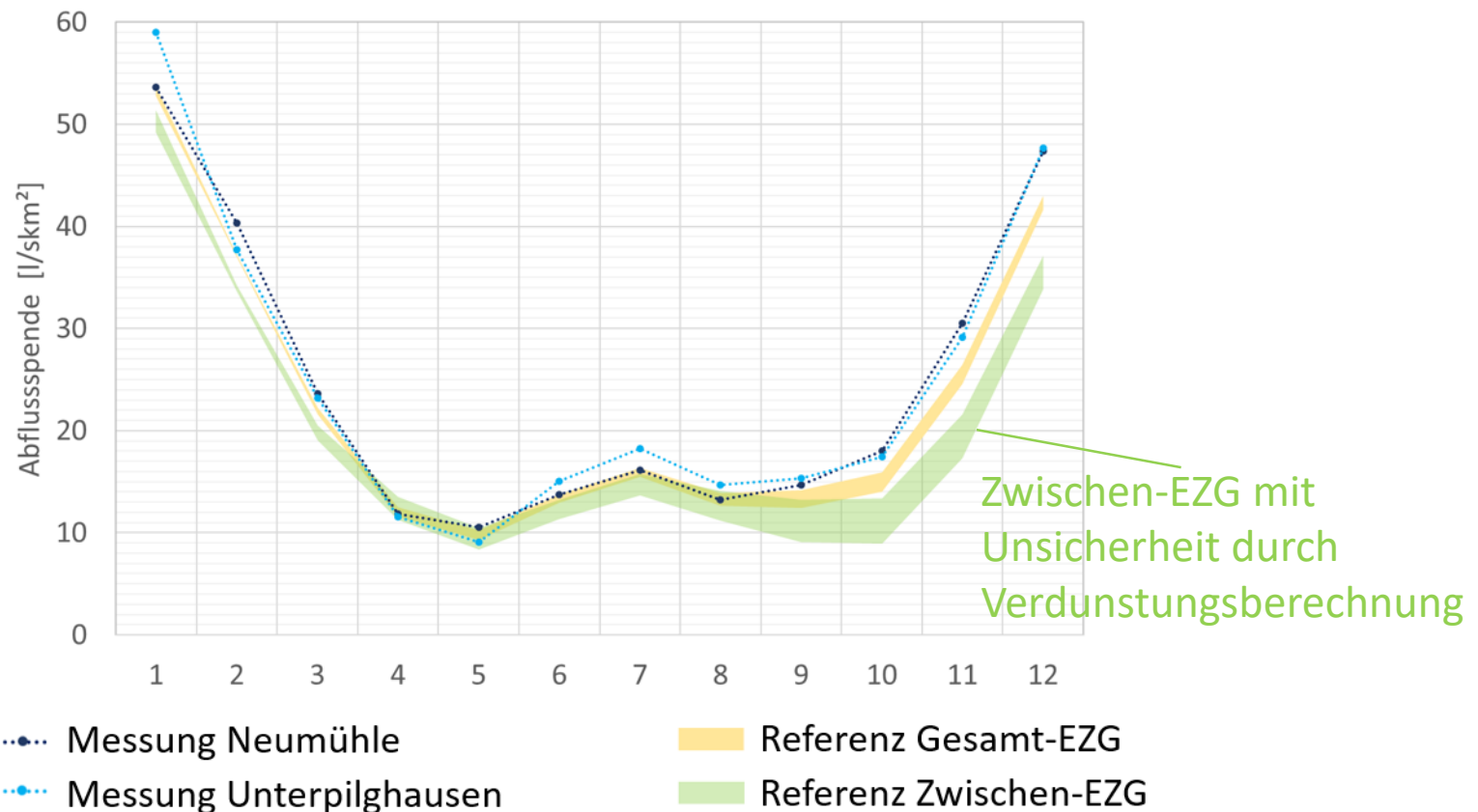
→ Arbeiten mit Abfluss-Regimekurven

Große Dhünn: Ergebnisse

Regimekurven der drei Teil-EZG:

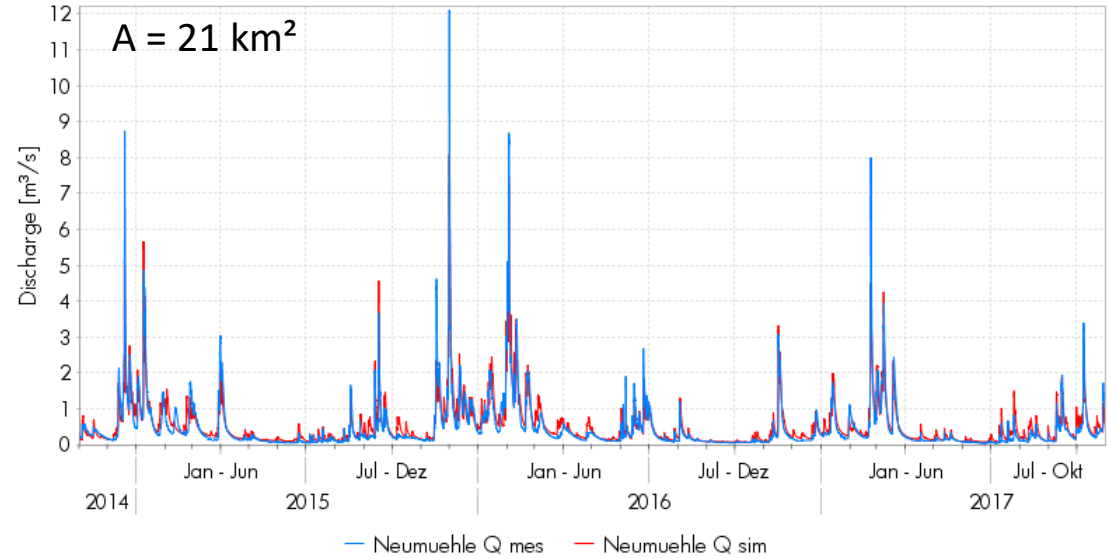
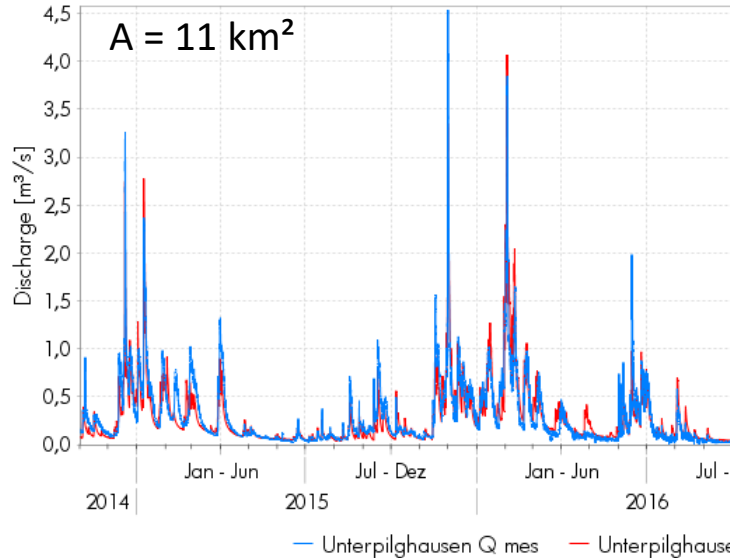
- Beide Pegel-EZG zeigen ähnliche Regime-Kurven
- Zwischen-EZG unterscheidet sich im Spätsommer/Herbst signifikant von Pegel-EZG

→ Werden die Unterschiede in der Abflussreaktion durch die physikalische Parametrisierung nachgebildet?



Große Dhünn: Ergebnisse

Kalibrierung der 2 Pegel-EZG mit **einheitlichem Kalibrierparameter-Satz:**

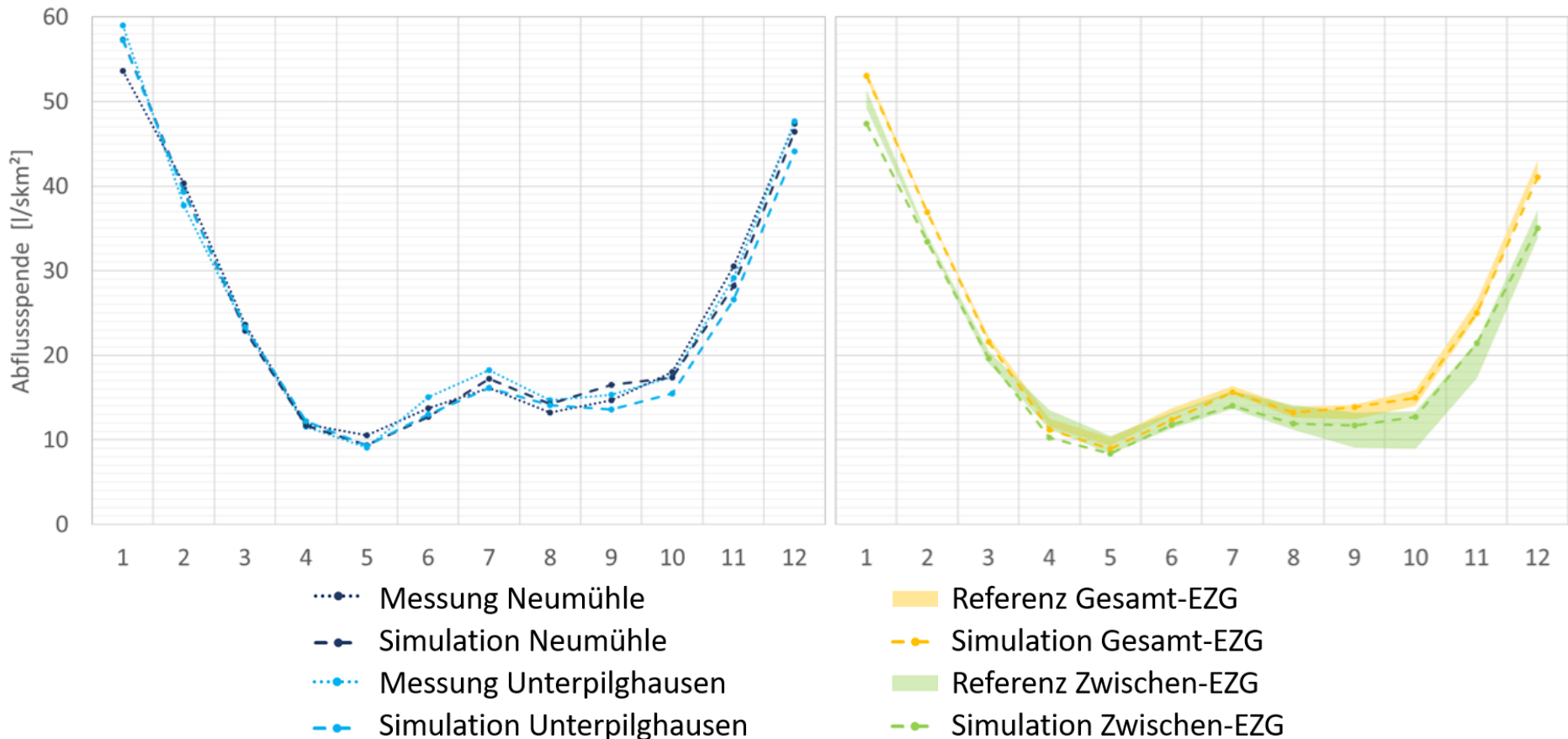


		r^2	NSE	NSE_In	Bilanz	MNQ	MQ	MHQ	BFI
Neumühle/Große Dhünn	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.06	0.53	7.4	0.25
	Sim	0.87	0.85	0.79	1.02	0.07	0.54	7.0	0.24
Unterpilghausen/Kleine Dhünn	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.04	0.28	3.6	0.24
	Sim	0.84	0.82	0.77	0.98	0.04	0.27	3.5	0.25

→ Sehr gute Simulationsergebnisse (für EZG mit geringer Größe)

Große Dhünn: Ergebnisse

Übertragung des **unveränderten Kalibrierparameter-Satzes** auf Zwischen-EZG:



- Unterschiedliche Abflussreaktionen der EZG werden abgebildet (ohne Kalibrierung)
- Flächendifferenzierte Abflussbildung wird durch physikalische Parametrisierung (wahrscheinlich) zuverlässig abgebildet

Passaúna: Überblick

Talsperre Passaúna:

- In Südost-Brasilien (Paraná) auf 25° südlicher Breite (Subtropen)
- Jahresniederschlag: ca. 1500 mm
- Jahresmitteltemperatur: ca. 17,2 °C
- Gesamt-EZG ~150 km²
- Trinkwasser für ca. 600 000 Menschen (20% der Wasserversorgung von Curitiba)

Datenlage:

- Hydrometeorologische Daten ausreichend verfügbar (durch brasilianische Partner zur Verfügung gestellt)
- DHM und digitales Flussnetz verfügbar
- Problematisch:
 - Verdunstungsparameter der Landnutzung (Albedo, LAI)
 - Bodenphysikalische Daten

→ Verdunstungs- und Bodenparameter oft limitierend für Übertragung



Passaúna: Landnutzung und Verdunstung

Ermittlung durch Projektpartner **EFTAS** in Abstimmung mit HYDRON und KIT

Grundlage:

- Fernerkundungsdaten aus Sentinel 2-Programm
- Verfügbar seit 2017
- Räumliche Auflösung von 10 – 60 m
- Zeitliche Auflösung: ~5Tage

Ergebnisse:

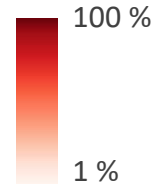
- LANU-Klassifikation gemäß Erfordernissen für LARSIM und MoRE
 - Inkl. Versiegelungsgrad für bebaute Flächen
 - Lanu-spezifischer Jahresgang (Monatswerte) für
 - Albedo
 - Blattflächenindex (LAI)
- Weltweite Ableitbarkeit (robuste Methoden)
- Übertragbarkeit LARSIM-Verdunstungsansatz



Landuse / Landcover

- 1 - Urban
- 2 - Urban_informal
- 3 - Cropland
- 4 - Pasture/meadow
- 5 - Bare soil
- 6 - Forest
- 7 - Scrubland/grasland
- 8 - Water
- 9 - Wetland

Urban soil sealing



Data source:

Sentinel-2 annual time series (cloud-free selection)

Processing:

Atmospheric correction
Supervised classification
Soil sealing estimation



Quelle: Wolf 2019

Passaúna: Bodendaten

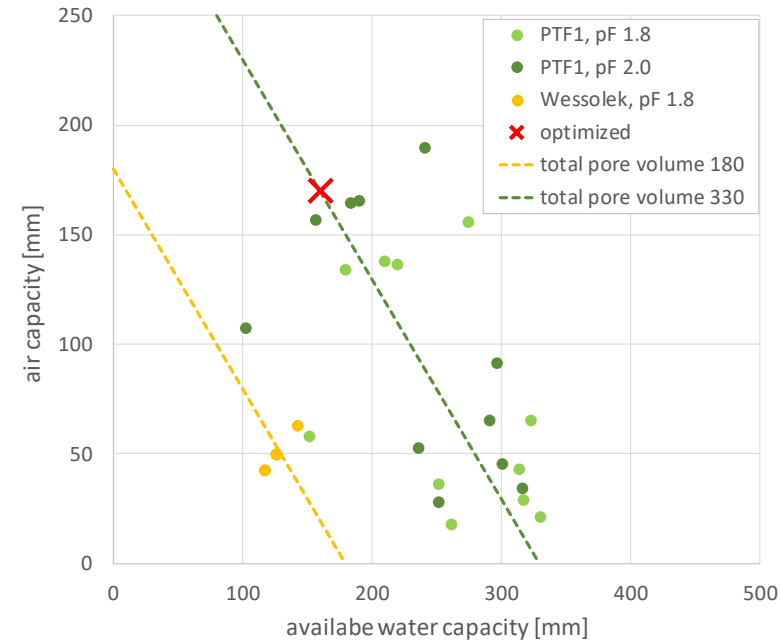
Ermittlung in Zusammenarbeit mit
UFPR (soil physics) und KIT

Grundlage:

- Einzelne Bodenproben für Ackerflächen
- Große Heterogenität

Vorgehen und Ergebnisse:

- Analyse der Bodendaten (KGV, ρ , pF-Punkte...)
- Test unterschiedlicher PTF für nFK und LK
- Auswahl SPLINTEX 1 als geeignete PTF für subtropische Tonböden
- Regionalisierung / räumliche Differenzierung auf Basis verfügbarer Infos nicht möglich
 - Räumlich einheitliche Effektive Porosität (330 mm)
 - Aufteilung nFK / LK anhand Repräsentanz Bodenproben und Modellergebnissen
- Hier: nur nFK und LK sowie keine räumliche Differenzierung der Bodendaten
- Modularer Aufbau des LARSIM-Bodenmoduls ermöglicht Übertragbarkeit



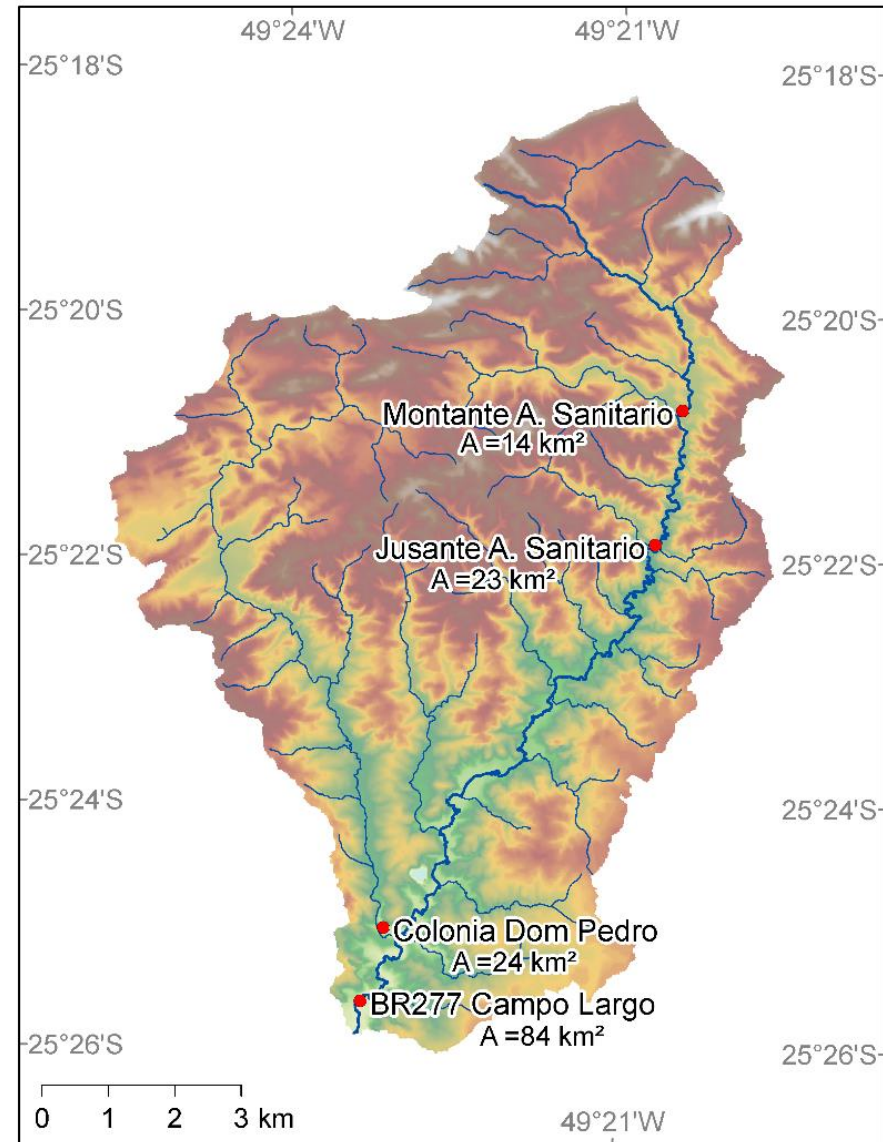
Passaúna: Abflusssimulation

Grundlage und Vorgehen:

- Genestete Pegel im EZG oberhalb der Talsperre
- Zunächst nur Kalibrierung des untersten Pegels
 - Einheitliche Kalibrierparameter für gesamtes EZG
 - Sim 1
- Überprüfung anhand der drei Oberliegerpegel
- Getrennte Kalibrierung aller vier PKB
 - Unterschiedliche Kalibrierparameter je PKB
 - Sim 2

Bewertung:

- Abfluss am Pegel
- Räumlichen Differenzierung des Abflusses



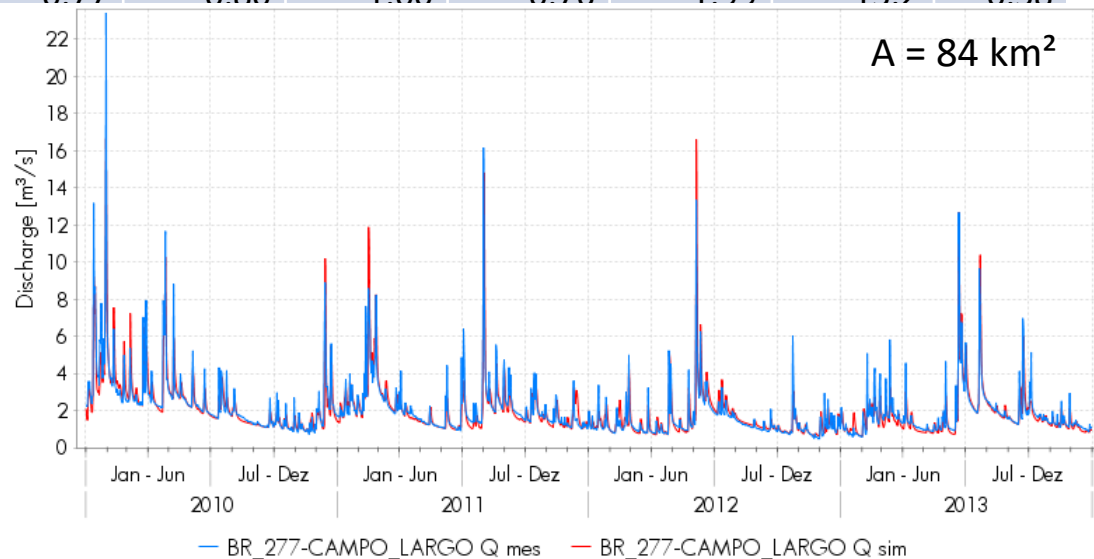
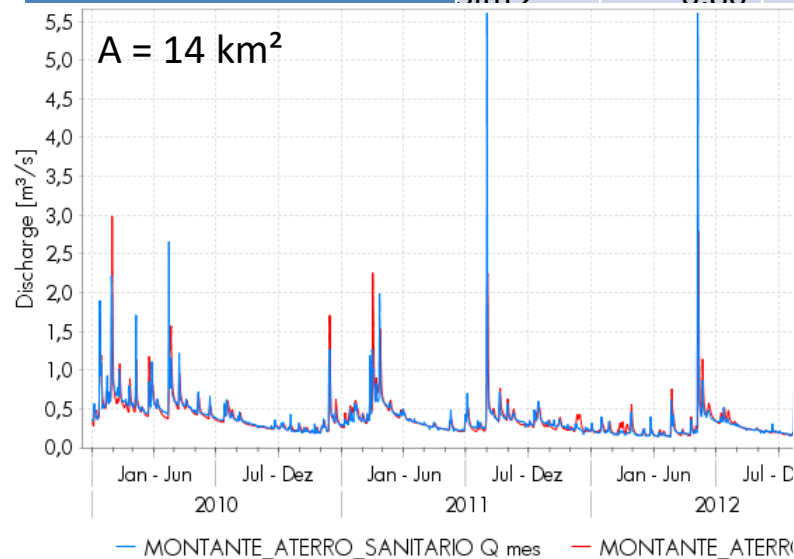
Passaúna: Abflusssimulation

		r^2	NSE	NSE_In	Bilanz	MNQ	MQ	MHQ	BFI
		[-]	[-]	[-]	[-]	[m³/s]	m³/s	m³/s	-
Montante A. Sanitário	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.16	0.35	4.2	0.64
	Sim 1	0.69	0.66	0.70	0.97	0.15	0.34	2.4	0.62
	Sim 2	0.70	0.66	0.77	0.98	0.17	0.35	2.5	0.68
Jusante A. Sanitário	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.29	0.55	6.5	0.63
	Sim 1	0.68	0.67	0.65	1.03	0.24	0.57	4.1	0.61
	Sim 2	0.68	0.66	0.72	1.01	0.28	0.55	4.4	0.65
Colonia Dom Pedro	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.27	0.67	6.5	0.54
	Sim 1	0.73	0.63	0.51	0.81	0.20	0.53	4.2	0.61
	Sim 2	0.73	0.69	0.68	0.98	0.26	0.64	5.5	0.58
BR277 - Campo Largo	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	2.01	16.4	0.56
	Sim 1	0.79	0.75	0.77	0.99	0.73	1.99	15.1	0.57
	Sim 2	0.80	0.77	0.80	1.00	0.76	1.99	15.2	0.58

- Deutliche Verbesserung der Oberliegerpegel durch separate Kalibrierung
- Durch separate Kalibrierung auch Verbesserung am untersten Pegel
- Räumliche Differenzierung des Abfluss innerhalb EZG nur durch physikalische Parametrisierung unzureichend → separate Kalibrierung
- Fehlende räumliche Differenzierung der Bodendaten!

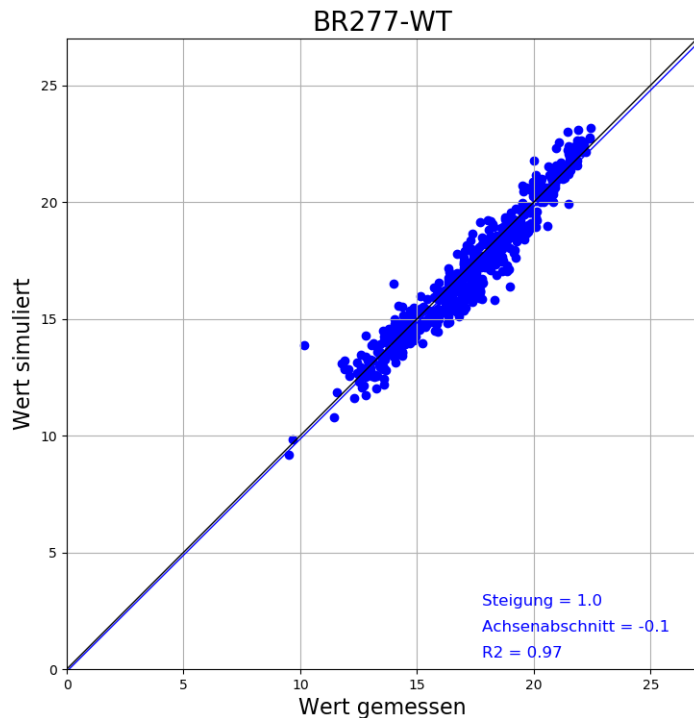
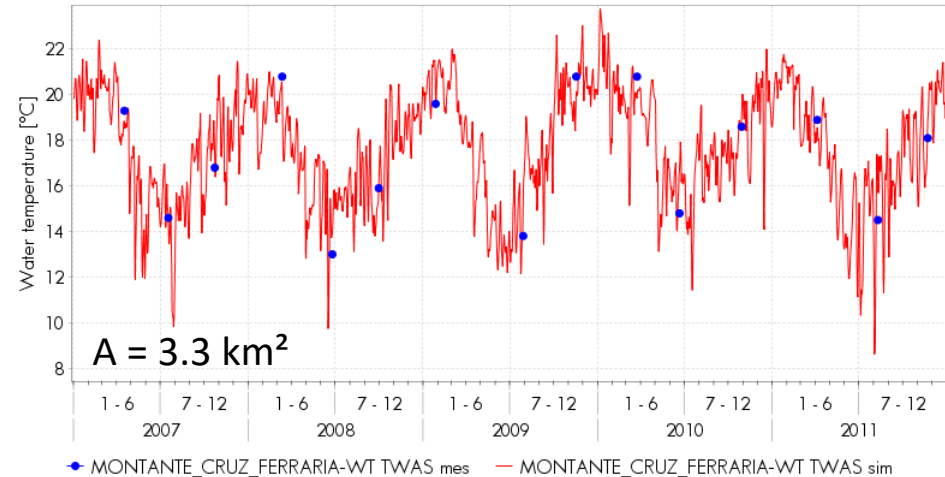
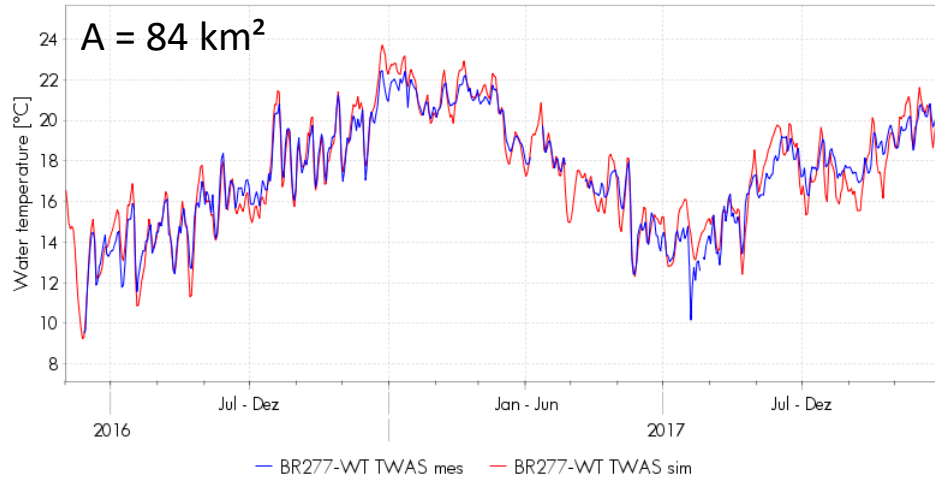
Passaúna: Abflusssimulation

		r^2	NSE	NSE_In	Bilanz	MNQ	MQ	MHQ	BFI
		[-]	[-]	[-]	[-]	[m³/s]	m³/s	m³/s	-
Montante A. Sanitário	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.16	0.35	4.2	0.64
	Sim 2	0.70	0.66	0.77	0.98	0.17	0.35	2.5	0.68
Jusante A. Sanitário	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.29	0.55	6.5	0.63
	Sim 2	0.68	0.66	0.72	1.01	0.28	0.55	4.4	0.65
Colonia Dom Pedro	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.27	0.67	6.5	0.54
	Sim 2	0.73	0.69	0.68	0.98	0.26	0.64	5.5	0.58
BR277 - Campo Largo	Ideal	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	2.01	16.4	0.56
	Sim 2	0.80	0.77	0.80	1.00	0.76	1.99	15.2	0.58



- Gute Ergebnisse an allen Pegeln für EZG-Größe und Datenlage (bei separater Kalib.)

Passaúna: Wassertemperaturen



- Anpassung der Parametrisierung für die Gebietsspeicher
 - Zuverlässige Simulation der Wassertemperaturen an unterschiedlichen Punkten im Passaúna-EZG
 - Auch für sehr kleines EZG von 3 km^2
- Übertragbarkeit des physikalischen Wassertemp.-Moduls von LARSIM

Zusammenfassung

Projekt-Zielgröße	Große Dhünn	Passaúna
Q am Pegel/Zufluss	✓	✓
Q flächendifferenziert	✓	(-) Kalib
TWAS am Pegel/Zufluss		✓

- Räumliche Differenzierung der Abflussreaktion kann bei sehr guter Datenlage und geeigneter Nutzung der Bodenkarte ohne Kalibrierung nachgebildet werden
→ Große Dhünn (Benchmark-Modell)
- Bei schlechterer Datenlage (insb. Boden) ist die räumliche Differenzierung fraglich; am Pegel können aber gute Ergebnisse erzielt werden
- LARSIM WHM und WWM lassen sich auf Gebiete mit reduzierter Datenlage und subtropischem Klima übertragen / anwenden
 - Lanu-Verdunstungs-Parametrisierung „global“ ermittelbar
 - Auswahl des Bodenmoduls nach jeweiliger Datenlage (robuste Reaktion am Pegel)

- Systematische Reduktion von Modell-Komplexität (Module, Parametrisierung) und Qualität der Antriebsdaten
- Vergleich der „reduzierten“ Modelle mit dem Benchmark-Modell:
 - Abfluss am Pegel
 - Abflussbildung in der Fläche
 - Auswirkung auf „nachgeschaltete“ Modelle
- Herausarbeiten der wichtigsten Modellbausteine, Geo- und Antriebsdaten (Mindestanforderungen)
- Welche Aussagen sind mit welcher Modell-Komplexität / Datengrundlage möglich? (welche Aspekte sind unwichtig)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Quellen und Literatur:

Krumm, J., Haag, I. 2019. Multikriterielle Analyse eines Wasserhaushaltsmodells unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Datengrundlage. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 41.19 (im Druck).

Krumm, J., Haag, I., Wolf, N. 2019. Adaption des Wasserhaushaltsmodells LARSIM zur Anwendung bei veränder-ter Datenlage und unter subtropischen Bedingungen am Beispiel des Passaúna (Brasilien). Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 41.19 (im Druck).

Wolf, N. 2019. Present state of WP-5 - Satellite Remote Sensing. Vortrag beim MuDak-WRM Workshop am 29.01.2019, Curitiba, Brasilien.