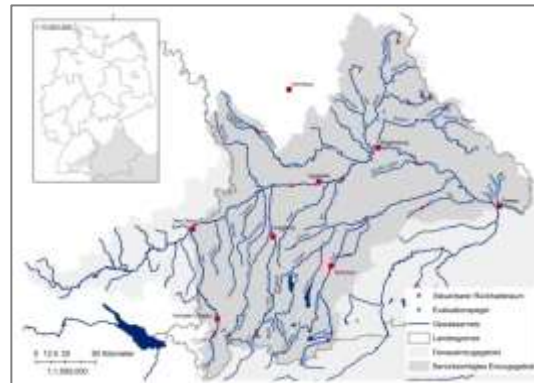


Erlaubt eine flussgebietsweit abgestimmte Speicherbewirtschaftung eine Optimierung des Hochwassermanagements in großen Einzugsgebieten?

ein Fallbeispiel aus dem Bayerischen Donaueinzugsgebiet

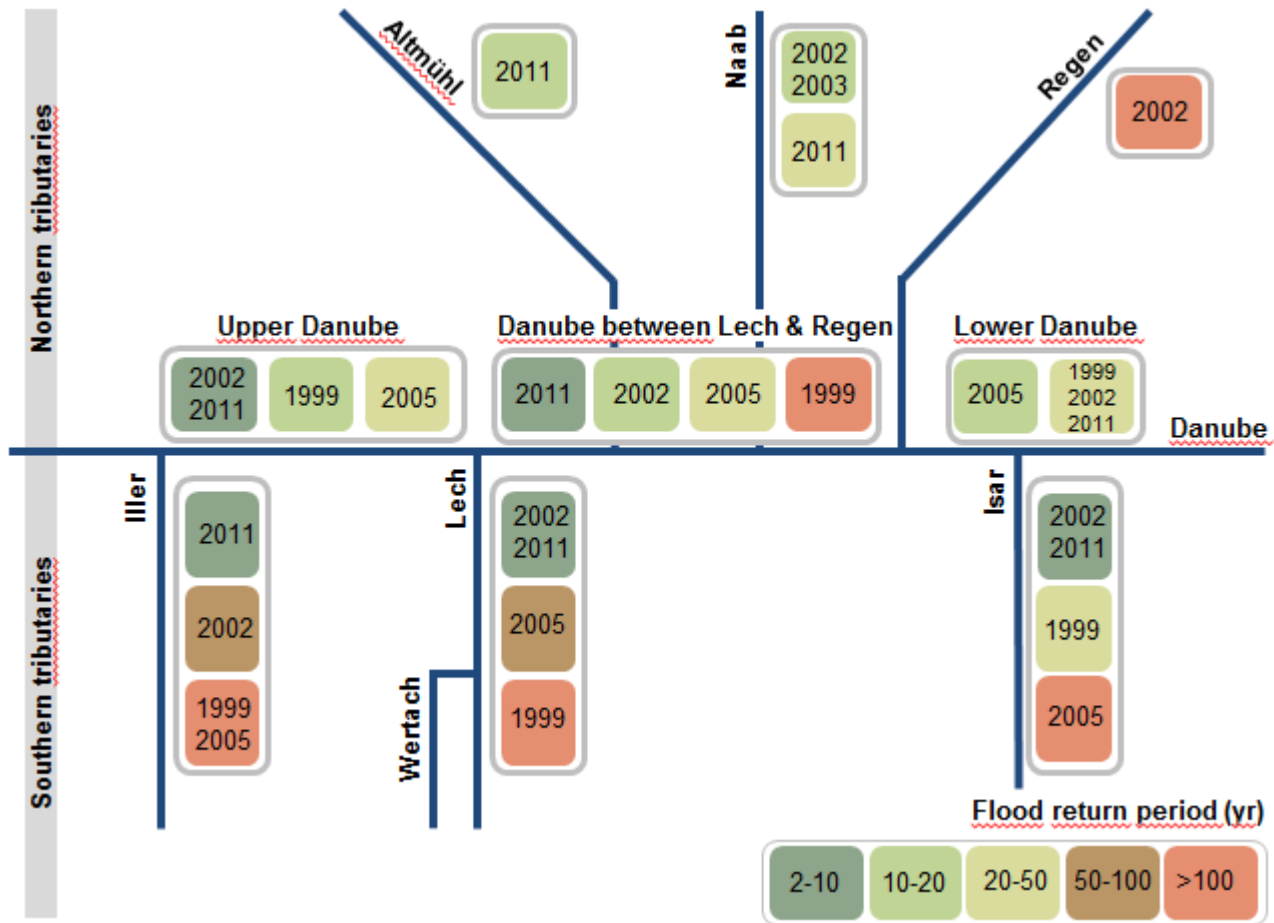
Simon Seibert (KIT), Uwe Ehret (KIT) & Daniel Skublics (TUM)



Rahmeninfos

- Projekt:** „Flussgebietsweite operationelle Steuerung der Abflüsse im Extrembereich“
- Laufzeit:** 07.2010 – 03.2013
- Auftraggeber:** Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU)
- Auftragnehmer:** Bereich Hydrologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Lehrstuhl für Wasserbau, TU München (TUM)
- Bearbeitung:** Simon Seibert (KIT)
Daniel Skublics (TUM)
- Projektleitung:** Dr. Uwe Ehret (KIT)

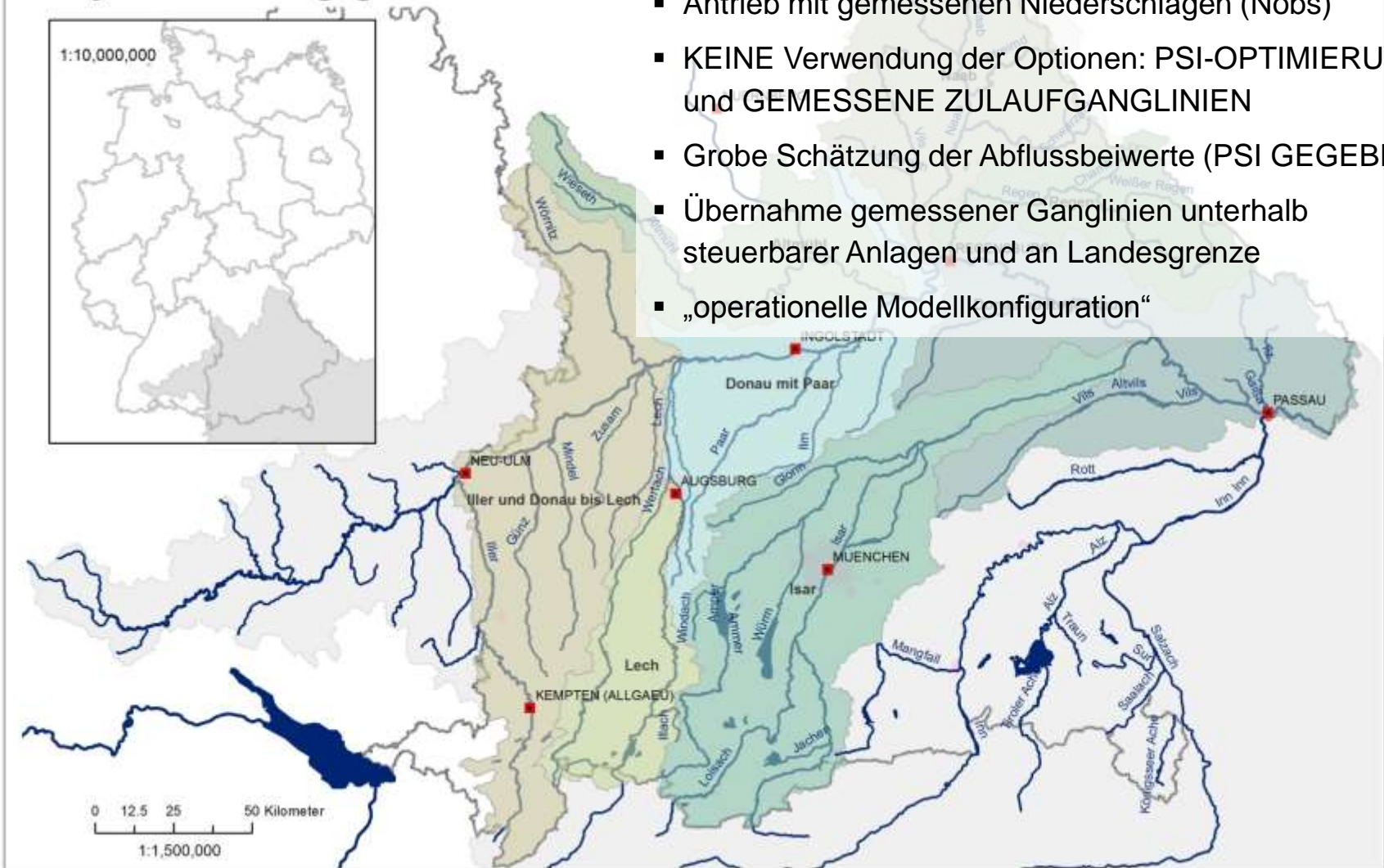
Motivation: Die Extreme werden häufiger



Leitfragen zum Vorhaben flussgebietsweit abgestimmte Speicherbewirtschaftung

- Wie lassen sich Wirkung und Reichweite von Speichern unter extremen Bedingungen aus flussgebietsperspektive beurteilen?
- Bieten die verfügbaren Rückhalteräume das Potential einer überregional abgestimmten Steuerung und falls ja, ist es mit den Erfordernissen des lokalen HW-Schutzes vereinbar?
- Wie kann die Simulationsgüte sinnvoll bewertet und in Relation zur Speicherwirkung gesetzt werden?
- Ist die Simulationsgüte der bestehenden hydrologischen Modelle überhaupt hinreichend und/oder lässt sie sich durch die Hinzunahme hydrodynamischer Modelle verbessern?

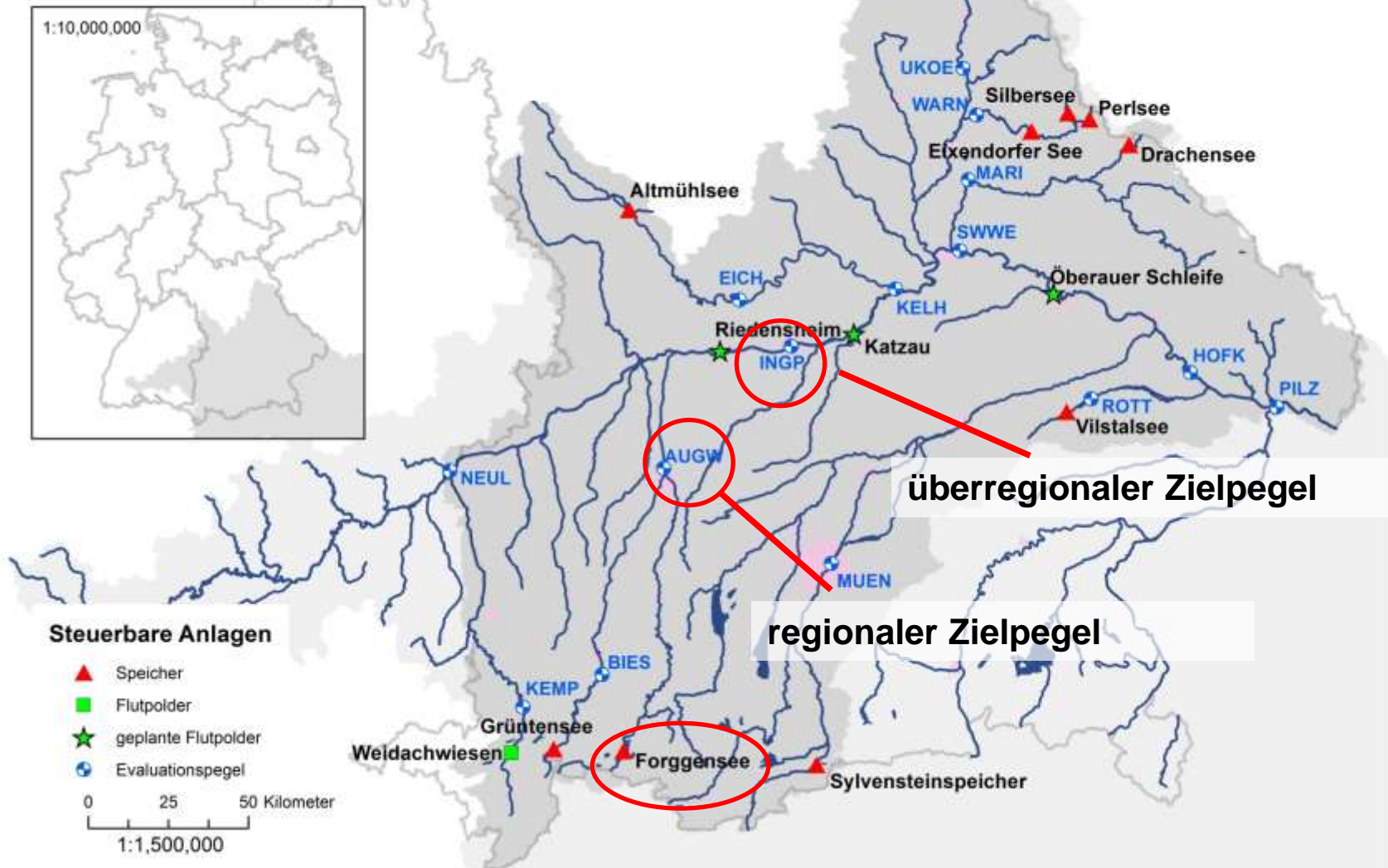
Larsim Flussgebietsmodelle im Bay. Donaueinzugsgebiet



- Gesamtfläche ~ 45.000 km²
- 8 LARSIM FGMODs (rasterbasiert außer Isar und Lech)
- Verwendung von SPEMO
- Antrieb mit gemessenen Niederschlägen (Nobs)
- KEINE Verwendung der Optionen: PSI-OPTIMIERUNG und GEMESSENE ZULAUFGANGLINIEN
- Grobe Schätzung der Abflussbeiwerte (PSI GEGEBEN)
- Übernahme gemessener Ganglinien unterhalb steuerbarer Anlagen und an Landesgrenze
- „operationelle Modellkonfiguration“

Analog wurde für alle Speicher ein regionaler und ein überregionaler Zielpegel definiert

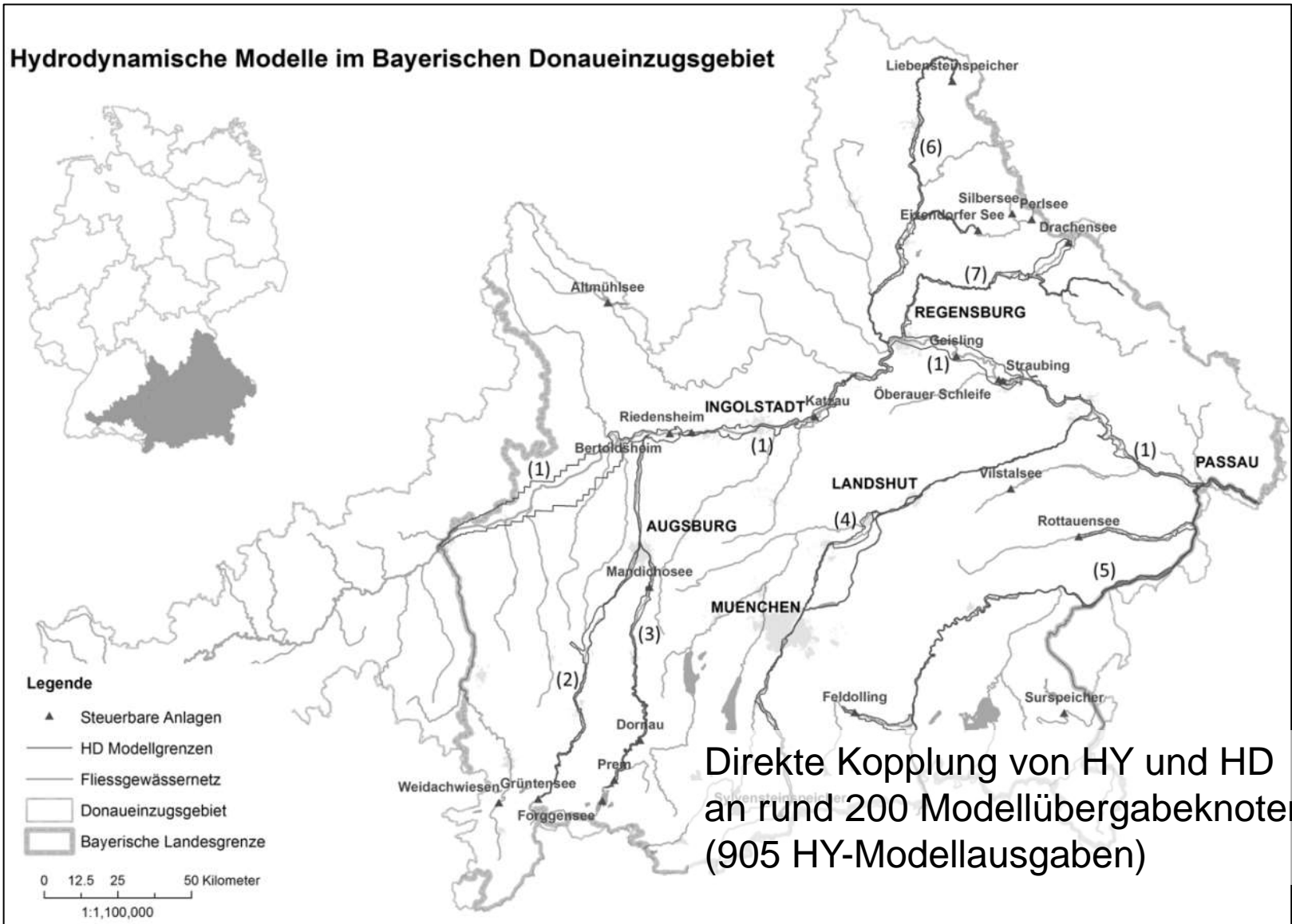
Speicher und Rückhaltebecken im Bayerischen Donaueinzugsgebiet



Speicher	Gewässer	Zielpegel		V_R	$V_{R,max}$	EZG	HQ100	MAP
		regional	überregional					
Sylvensteinspeicher	Isar	MUEN	HOFK	59.4	88.6	1138	950	1928
Forggensee	Lech	AUGW	INGP	22.1	83.6	1582	985	1597
Eixendorfer See	Naab	WARN	SWWE	12.1	16.9	399	130	853
Grüntensee	Wertach	BIES	INGP	11.1	15.6	85	161	1857
Vilstalsee	Vils	ROTT	PILZ	8.1	9.6	623	*315	863
Liebensteinspeicher	Naab	UKOE	SWWE	3.0	4.5	66	*35	893
Silbersee	Naab	WARN	SWWE	3.6	4.4	58	31	903
Drachensee	Regen	FURT	SWWE	3.9	3.9	178	*100	823
Perlsee	Naab	WARN	SWWE	3.2	3.7	61	36	943
Weidachwiesen	Iller	KEMP	NEUL	6.3	6.3	725	570	NA



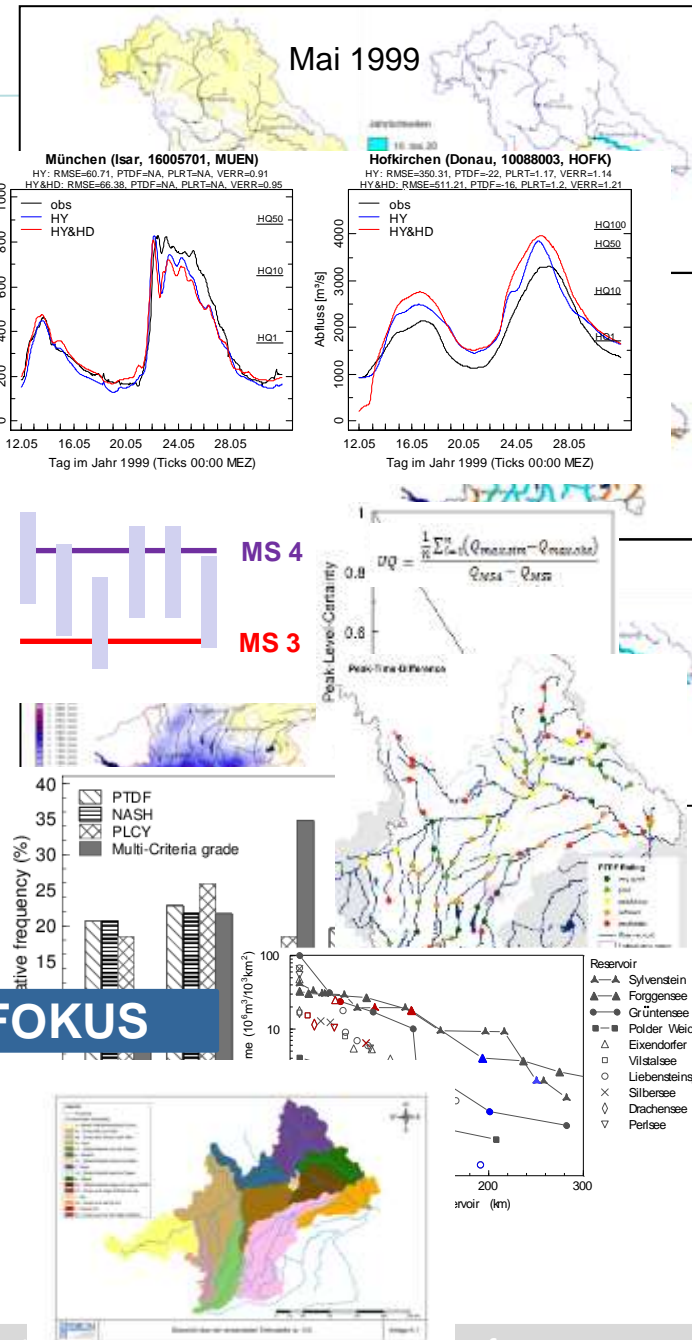
Hydrodynamische Modelle im Bayerischen Donaeinzugsgebiet



Direkte Kopplung von HY und HD
 an rund 200 Modellübergabeknoten
 (905 HY-Modellausgaben)

Untersuchungen & Methoden

- Nachrechnung historischer HW-Ereignisse, hydrologisch und gekoppelt mit hydrodynamischen Modellen.
- Auswertung (5 Gütekriterien) an ca. 115 Evaluationspegeln.
- Neuentwicklung des Gütekriteriums „Peak-Level-Certainty (PLCY)“.
- Definition von Bewertungsmaßstäben und Kombination unterschiedlicher Gütemaße.
- Untersuchung der Speicherwirkung mit simulationsbasierten und statistischen Verfahren.
- Aufbau eines Donau-Gesamtmodells (WHM)



Wirkungsanalyse der Speicher

Ziel: Quantifizierung und Bewertung der regionalen und überregionalen Speicherwirkung in Relation zur Rechengenauigkeit.

Methoden

- Modellbasierte Simulation mit hydrologischen Modellen (4 Speicher)
- Statistische Verfahren (alle Speicher)
- Verknüpfung der Ansätze

Berechnungsmethode (Laborbedingungen)

- Nur HY Modelle
- Antrieb mit Nobs
- 3 Steuerungen pro Speicher und Ereignis (regional optimiert (regopt), überregional optimiert (uebopt), und Referenz (ref), wobei Referenz: $Q_{ab,ref} = \min(Q_{ab,max}, Q_{zu})$)

Fortsetzung Methoden:

Ziel: Untersuchung der Speicherwirkung unter idealisierten Bedingungen.
 → Festlegung der Steuerungen nach rein physikalischen Randbedingungen (Wasserrechtsbescheide, Bewirtschaftungslamellen, etc. wurden bewusst und gewissenhaft ignoriert, Laborbedingungen).

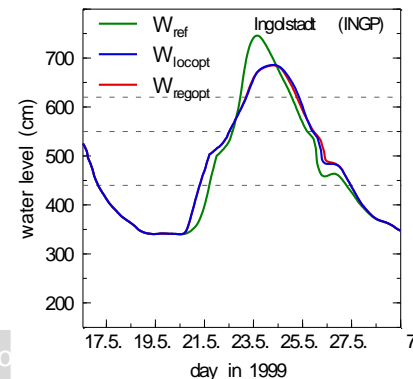
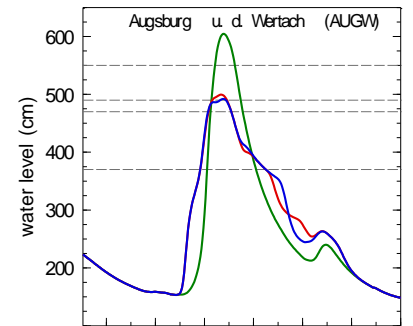
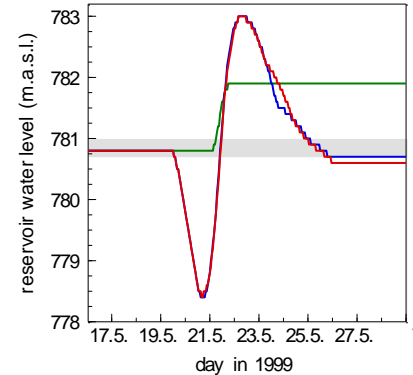
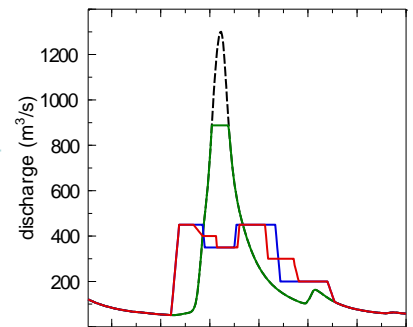
Vorgehen bei Festlegen der:

- Vorabsenkung: Initiierung 2 d vor Zulaufscheitel mit $Q_{ab,max}$, wobei:
 $Q_{ab,max} = f(W_{\text{Speicher}}, V_{ab, \text{Seespiegel}}, \Delta Q_{ab, AO}, W_{\text{Unterstrom} < \text{MS3}}, W_{\text{speicher}} \geq Z_A)$
- Steuerung: $Q_{ab} = f(W_{\text{Speicher}}, \Delta Q_{ab, AO}, Q_{ab, min})$, $W_{\text{speicher}, max} = \text{Unterkante HWE}$, $W_{\text{Unterstrom} < \text{MS3}}$, Optimierungsziel: $\min(Q_{\text{Zielpegel}})$

Ergebnisse Forggensee

HW Mai 1999

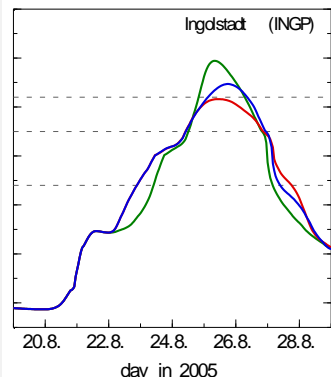
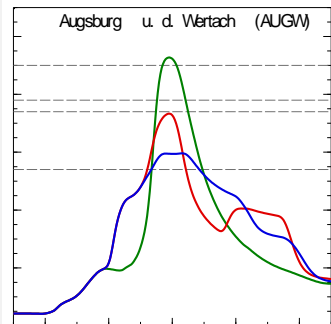
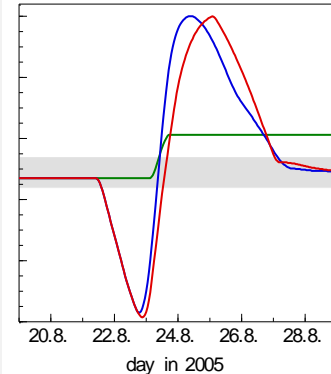
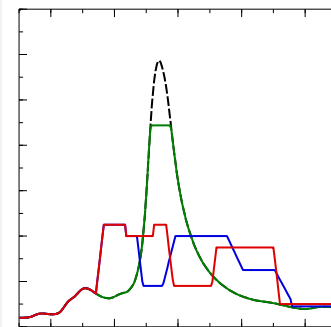
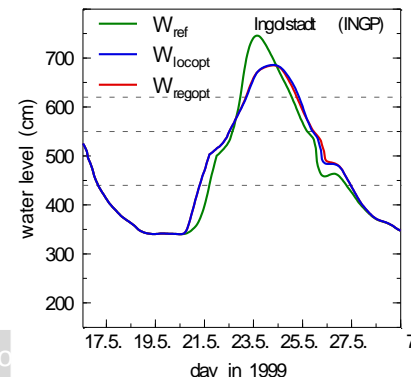
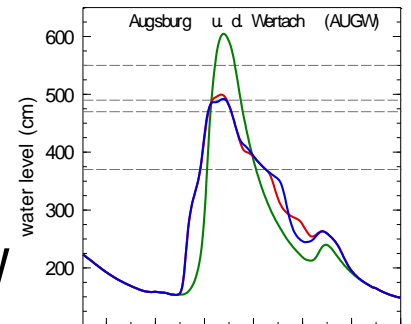
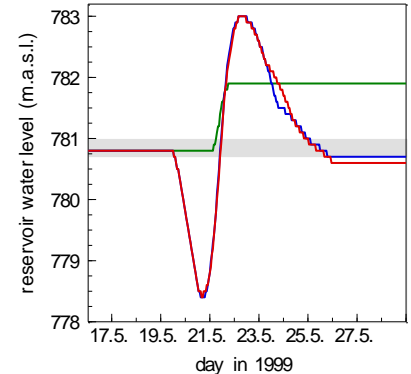
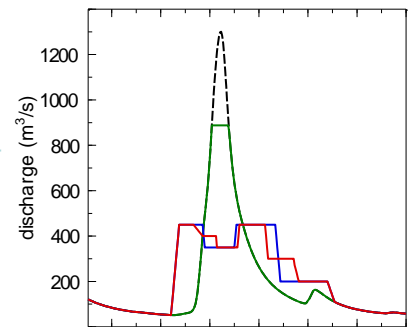
- kaum Spielraum für über-regionale Steuerung: *regopt* und *uebopt* sind identisch
- Ursache: Hoher Anfangswasserstand



Ergebnisse Forggensee

HW August 2005

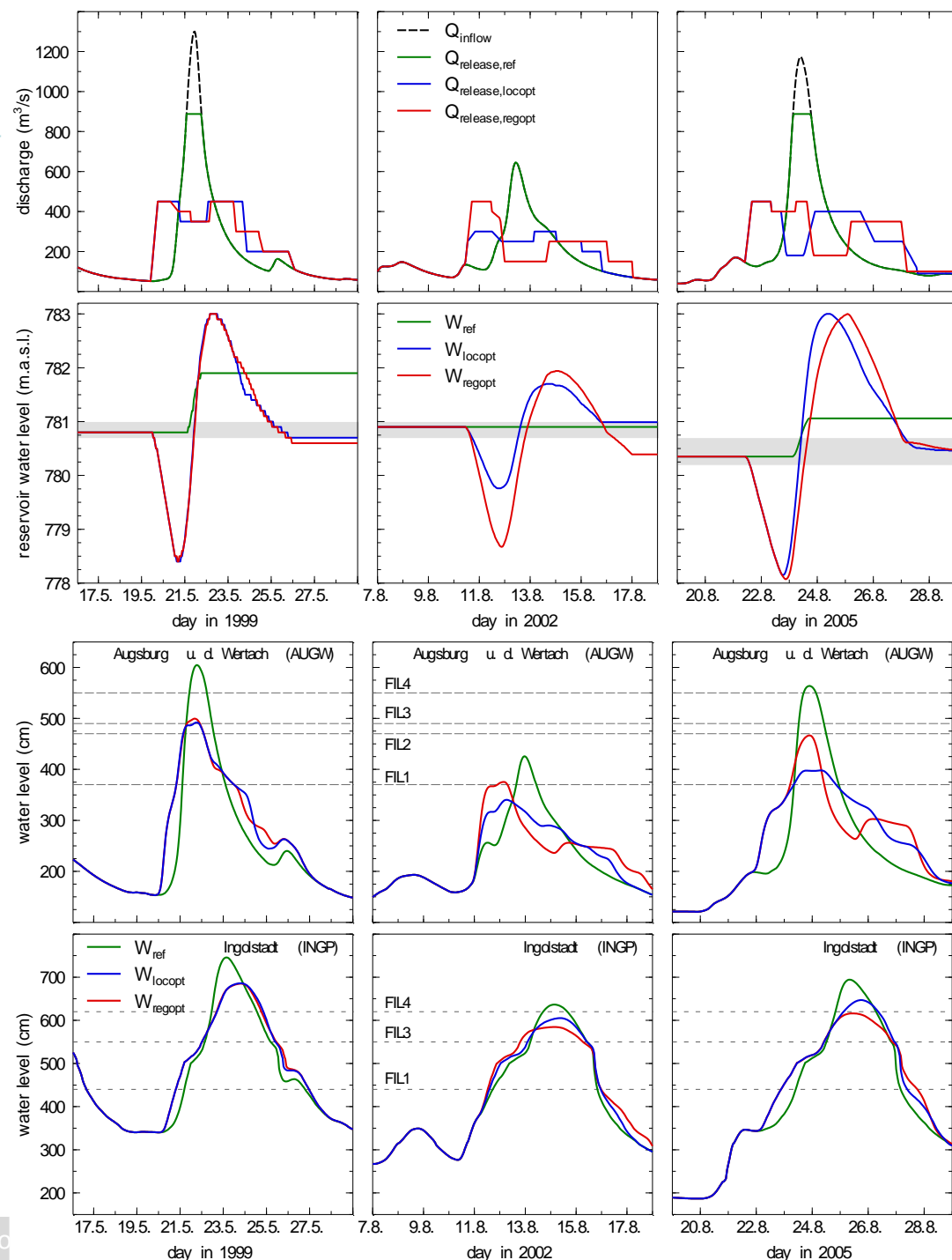
- Angepasste Bewirtschaftungslammelle ($Z_s = 780.5 \text{ mNN}$)
- *regopt* Steuerung kappt Scheitel effizient. W Reduktion in AUGW um $\sim 2 \text{ m}$ möglich
- *uebopt.* Steuerung fährt Loch in fallenden Ast. MS2 in AUGW wird erreicht, MS4 in INGP wird nicht überschritten.
- Zeitliche Entkopplung von *regopt* und *uebopt.*



Ergebnisse Forggensee

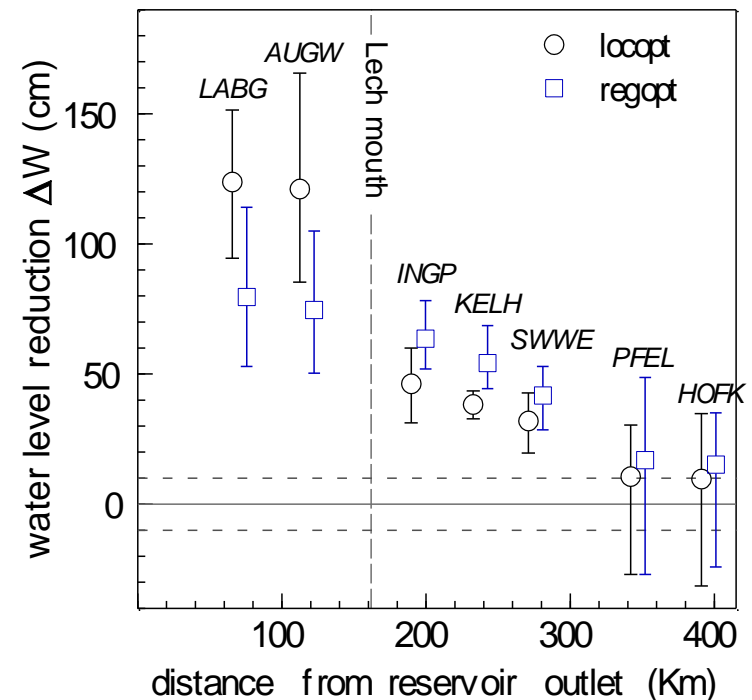
HW August 2002

- Zwischenstellung: $W < MS2$ in AUGW bei $Q_{ab,Ref}$.
 $W_{max,Speicher} = 782$ mNN.
- *regopt* Steuerung \pm willkürlich festgelegt ($W < MS1$ in AUGW)
- *ueopt* fährt wieder Loch in fallenden Ast.
- W in INGP ist kleiner bei *uebopt* als bei *regopt*.
- Potential bei kleinen und mittleren HWs vorhanden



Zusammenfassung Forggensee:

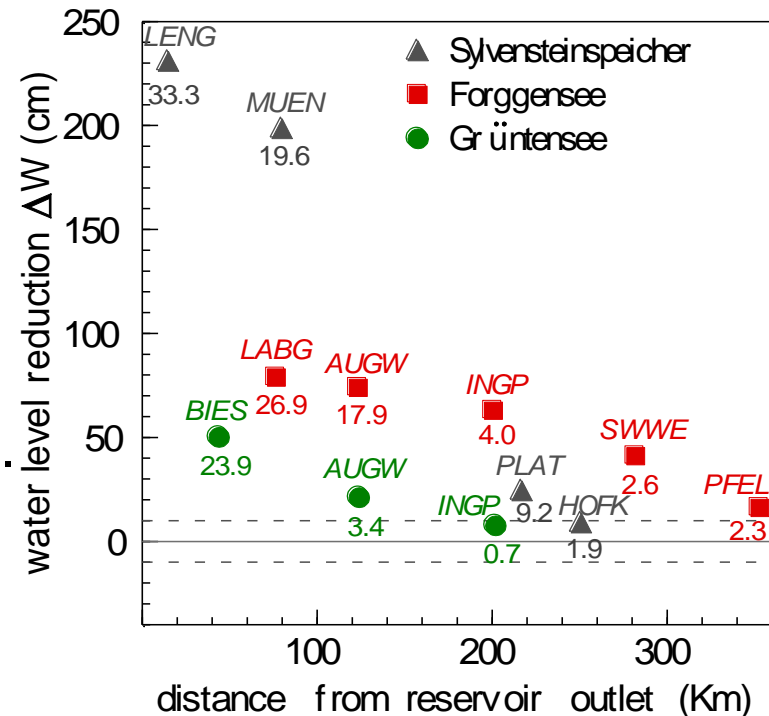
- Überregionaler Einfluss auch bei mittleren HWs nachweisbar.
- Die effektiven Steuerungszeiträume (*regopt/uebopt*) sind zeitlich entkoppelt.
- Potential ist situations- und ereignisabhängig (kaum pauschalisierbar).
- Zusätzliche W-Reduktion von *uebopt* gegenüber *regopt* in INGP ~20 cm.
- Die Analyse erfolgte unter Laborbedingungen.
- Note: Eff. Steuerzeitraum *uebopt* ist mitten im Ereignis → Regen bereits gefallen, Unsicherheiten in der N-Vorhersage u.U. klein.



Sylvenstein, Grüntensee und Forggensee im Vergleich

Sylvenstein

- Keine nennenswerte überregional Wirksamkeit. Die maximale W Reduktion in HOFK betrug Mittel 9 cm (HW 1999 = 0, HW 2002 = 9, HW 2005 = 20 cm).
- Enormer Einfluss auf Wasserstand und Abfluss der Isarpegel.
- Ursachen: Hohes Abflussvolumen an der Mündung & große Simulationsunsicherheit (Optimierungsziel unscharf).

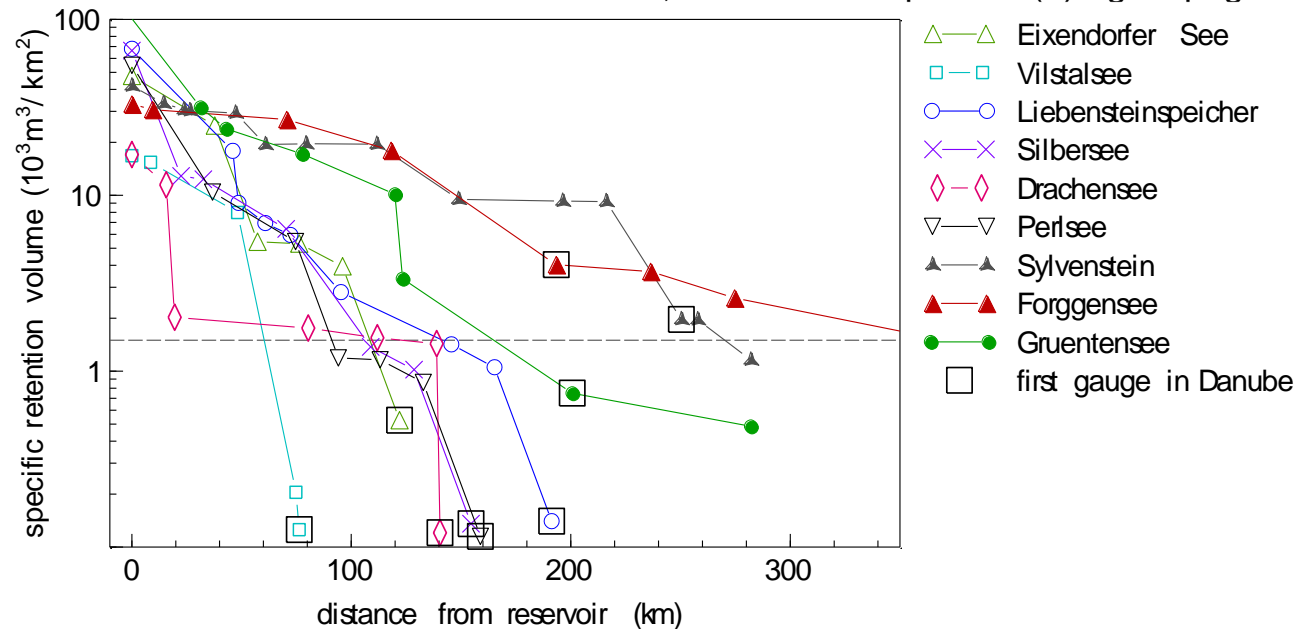


Grüntensee

- Mittlere W-Reduktion in AUGW ~ 19 cm, keine überregionale Wirkung nachweisbar.

Statistische Verfahren zur Analyse der Speicherwirkung

- Spezifisches Rückhaltevolumen: $V^* = V_{R,max} / (EZG_{\text{Speicher}} / (\bar{u})_{\text{regZielpegel}} * MAP)$



- Verhältnisse der Einzugsgebietsgrößen: $EZG_{\text{Speicher}} / EZG_{(\bar{u})_{\text{regZielpegel}}} * MAP$
- Volumengegenüberstellung: theoretische Scheitelkappung durch die Rückhaltevolumina an den überregionalen Zielpegeln

Zusammenfassung

- Leistungsfähige Speicher können den HW-Wellenablauf großer Flussgebiete weitreichend beeinflussen.
- Eine überregional abgestimmte Speichersteuerung wäre an der Donau klar limitiert und auf den Forggensee UND auf spezielle hydro-meteorologische Situationen (keine Pauschalisierungen möglich).
- Überregionaler Schutzaspekte stehen nicht notwendigerweise in Konflikt mit regionalen.
- Inwiefern eine Umsetzung in die Praxis möglich ist, muss (falls gewünscht) separat geprüft werden (Berücksichtigung von Unsicherheiten, wasserwirtschaftlicher und –rechtlicher Belange,...).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Noch Fragen offen?

Skublics, D., Seibert, S.P., Ehret, U., Rutschmann, P., Zehe, E. (2013):

Flussgebietsweite operationelle Steuerung der Abflüsse im Extrembereich.
Schlussbericht zum Forschungsvorhaben (unveröffentlichter Bericht, Bay. LfU).

Skublics, D., Seibert, S.P., Ehret, U. (in press): Abbildung der Hochwasserretention durch hydrologische und hydrodynamische Modelle unter unterschiedlichen Randbedingungen, eingereicht in: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung.

Seibert, S.P., Skublics, D., Ehret, U. (accepted): The Potential of coordinated reservoir operation for flood mitigation in large basins - a case study on the Bavarian Danube using coupled hydrological-hydrodynamic models, submitted to: Journal of Hydrology.