

Maßnahmen eines klimaresilienten Landschaftswasserhaushaltes

WASSERRÜCKHALT

VERBESSERTER WASSERRÜCKHALT
IN GEWÄSSER UND AUE
ERHÖHUNG DER KLIMARESILIENZ
FÜR FLIESSGEWÄSSER

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

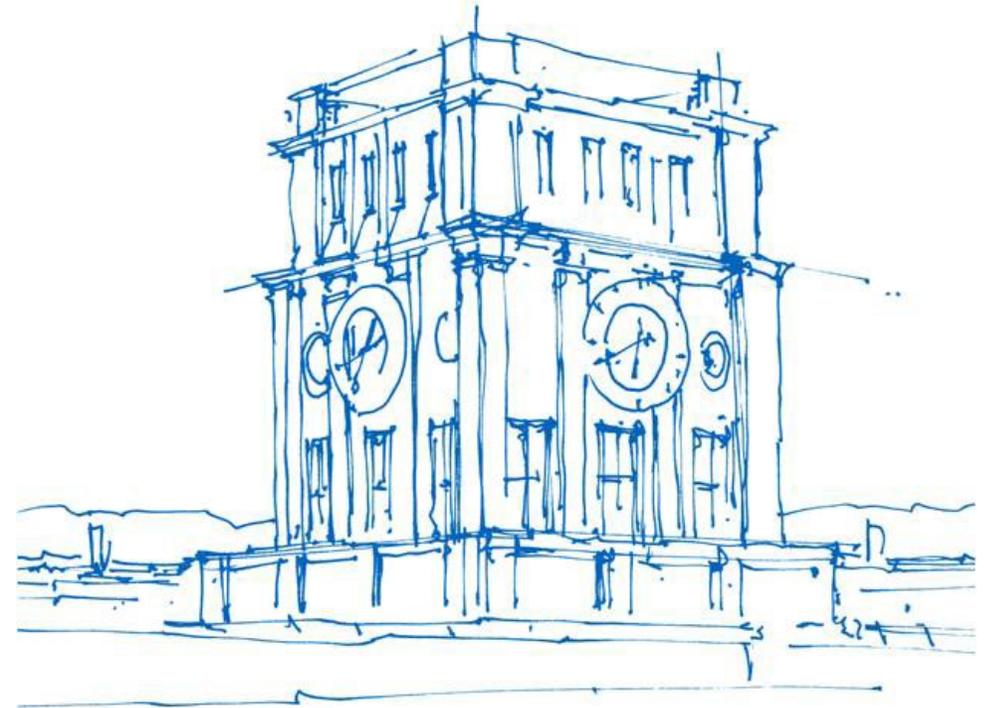
Technische Universität München

TUM School of Engineering and Design

Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement

Email: markus.disse@tum.de

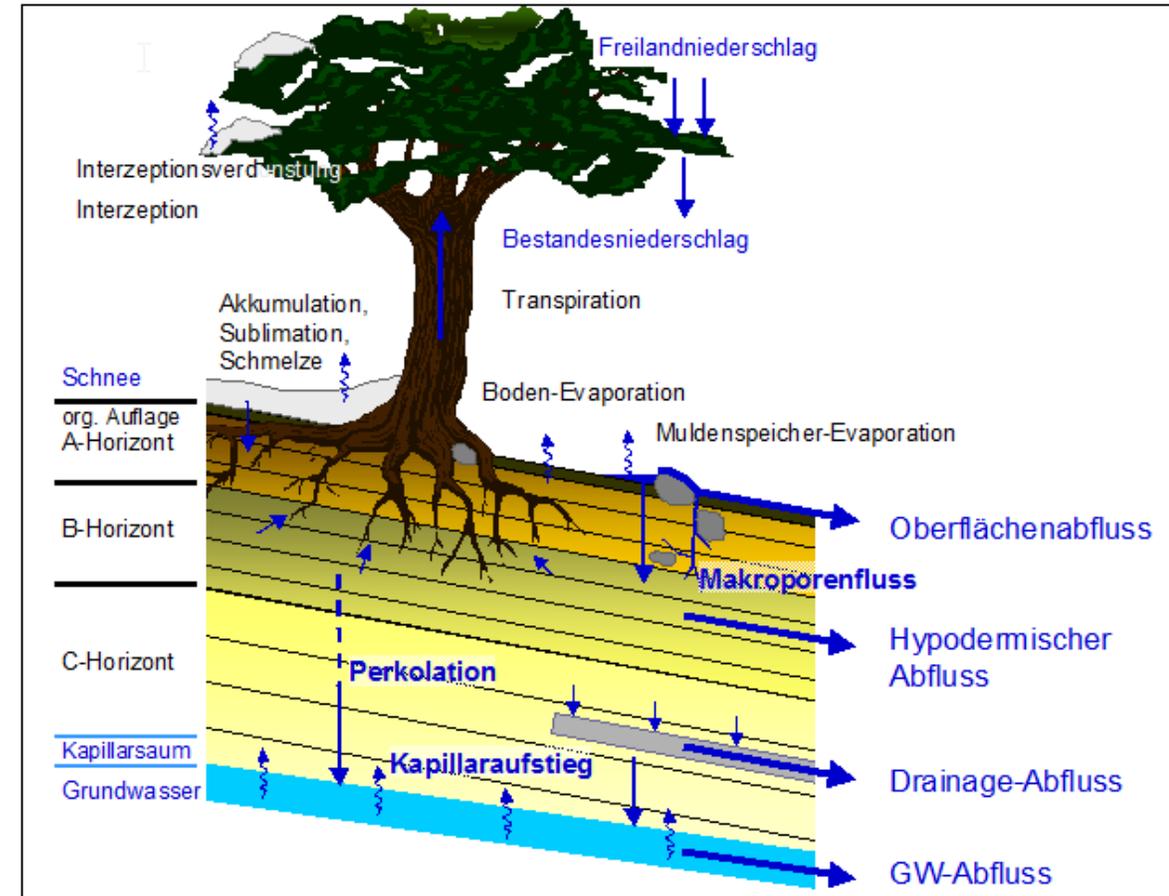
München – Hankensbüttel, 10.11.2023



Uhrenturm der TUM

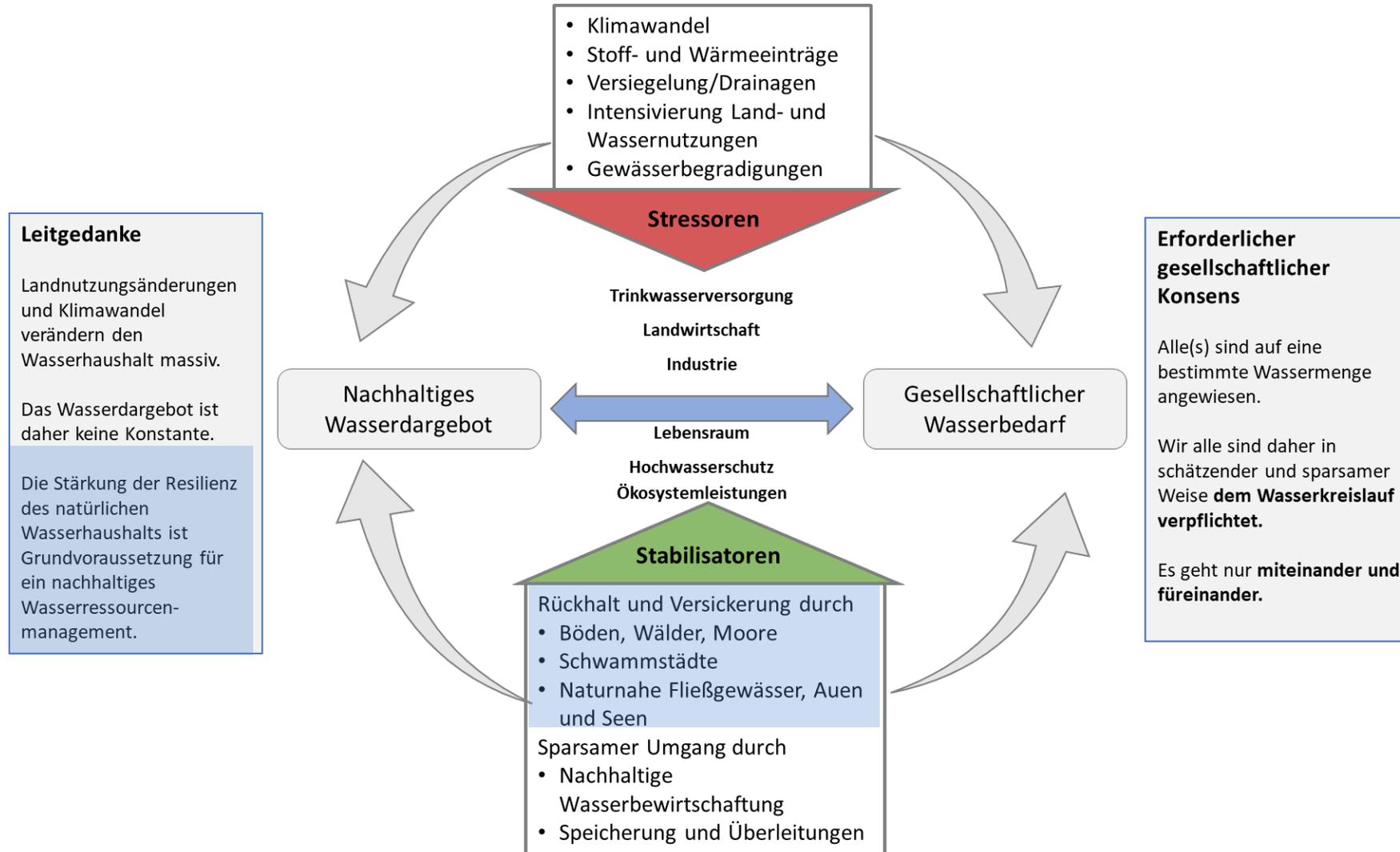
Problemlage

- Klimawandel: längere Dürreperioden, stärkere Starkregen
- Landnutzung ↔ Landschaftswasserhaushalt
- Wasserableitung (noch) die Regel
- Homogenisierung der Landschaft: Resilienz ↓
- Folgen: Grundwasserstände ↓, landwirtschaftliche Erträge ↓, forstliche Vitalität ↓



Quelle: Klöcking, B. (Ed.) 2009. Das ökohydrologische PSCN-Modul innerhalb des Flussgebietsmodells ArcEGMO, 53 S., [online verfügbar: <http://www.arcegmo.de/PSCN.pdf>].

Bericht der Expertenkommission *Wasserversorgung in Bayern*



Leitgedanke

Landnutzungsänderungen und Klimawandel verändern den Wasserhaushalt massiv.

Das Wasserdargebot ist daher keine Konstante.

Die Stärkung der Resilienz des natürlichen Wasserhaushalts ist Grundvoraussetzung für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement.

Erforderlicher gesellschaftlicher Konsens

Alle(s) sind auf eine bestimmte Wassermenge angewiesen.

Wir alle sind daher in schätzender und sparsamer Weise **dem Wasserkreislauf verpflichtet.**

Es geht nur **miteinander und füreinander.**

Bericht der
Expertenkommission

Wasser-
versorgung
in Bayern

Download link:
<https://www.wasser.tum.de/wasser/wasserversorgung-in-bayern/>

Bericht der Expertenkommission *Wasserversorgung in Bayern*

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1 Übergreifende Ziele für eine sichere Wasserzukunft in Bayern	6
2 Wasserverfügbarkeit und Planungssicherheit nehmen ab	8

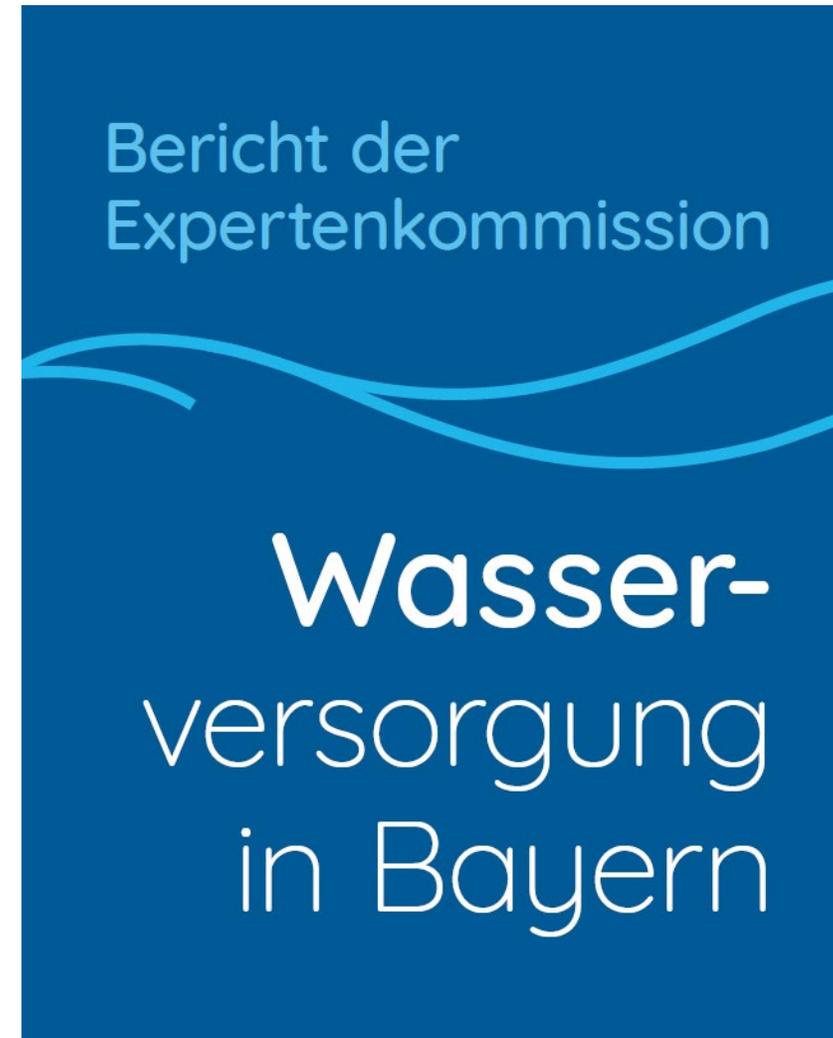
3 Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt

Status quo und zukünftige Herausforderungen

Übergreifende Leitplanken und Zielgrößen

Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

Übergreifende Leitplanken und Zielgrößen für die Sicherung der Wasserversorgung	24
Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	26
6 Klimaresiliente Siedlungsentwicklung	28
<i>Status quo</i> und zukünftige Herausforderungen	28
Übergreifende Leitplanken und Zielgrößen	29
Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	31
7 Ökosystemfunktionen von Fließgewässern und Seen	32
<i>Status quo</i> und zukünftige Herausforderungen	32
Übergreifende Leitplanken und Zielgrößen	35
Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	35
8 Empfehlungen an die Politik	38



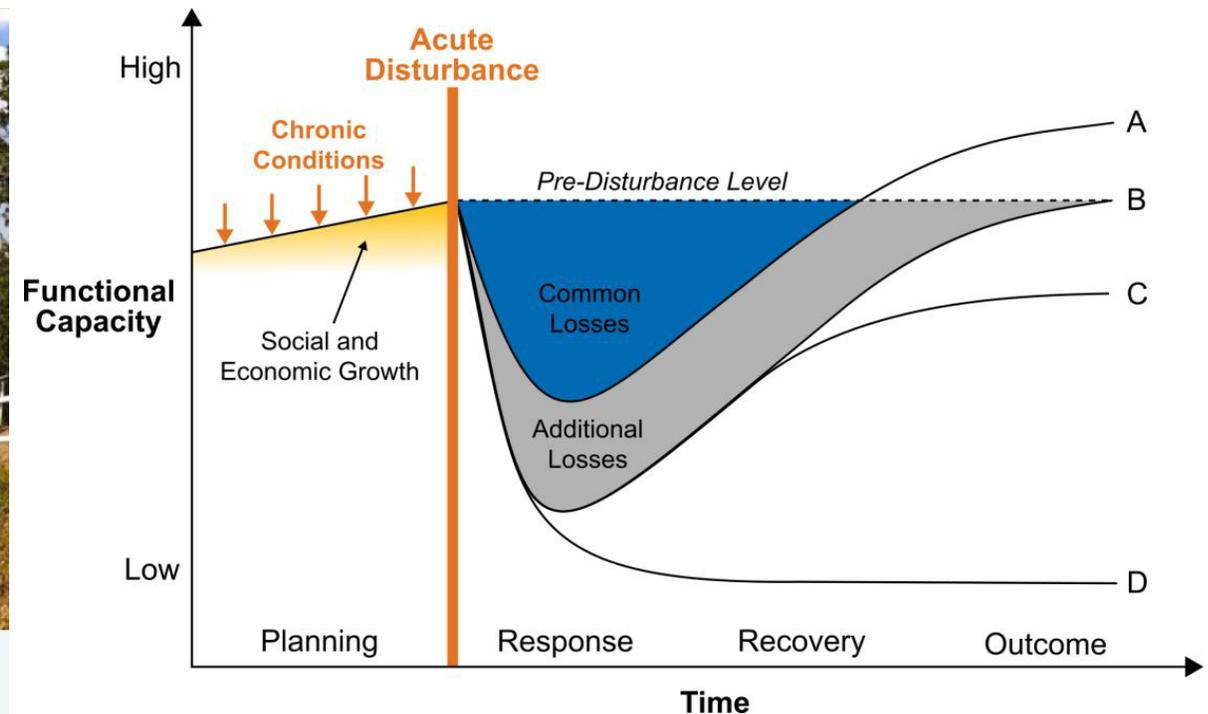
<https://www.wasser.tum.de/wasser/wasserversorgung-in-bayern/>

Neues Leitbild für den Landschaftswasserhaushalt

„Ziel ist eine multi-funktionale Landschaft, die die Resilienz in Bezug auf die Speicherung von Wasser wiederherstellt und stärkt und so die Extreme ausgleicht.“

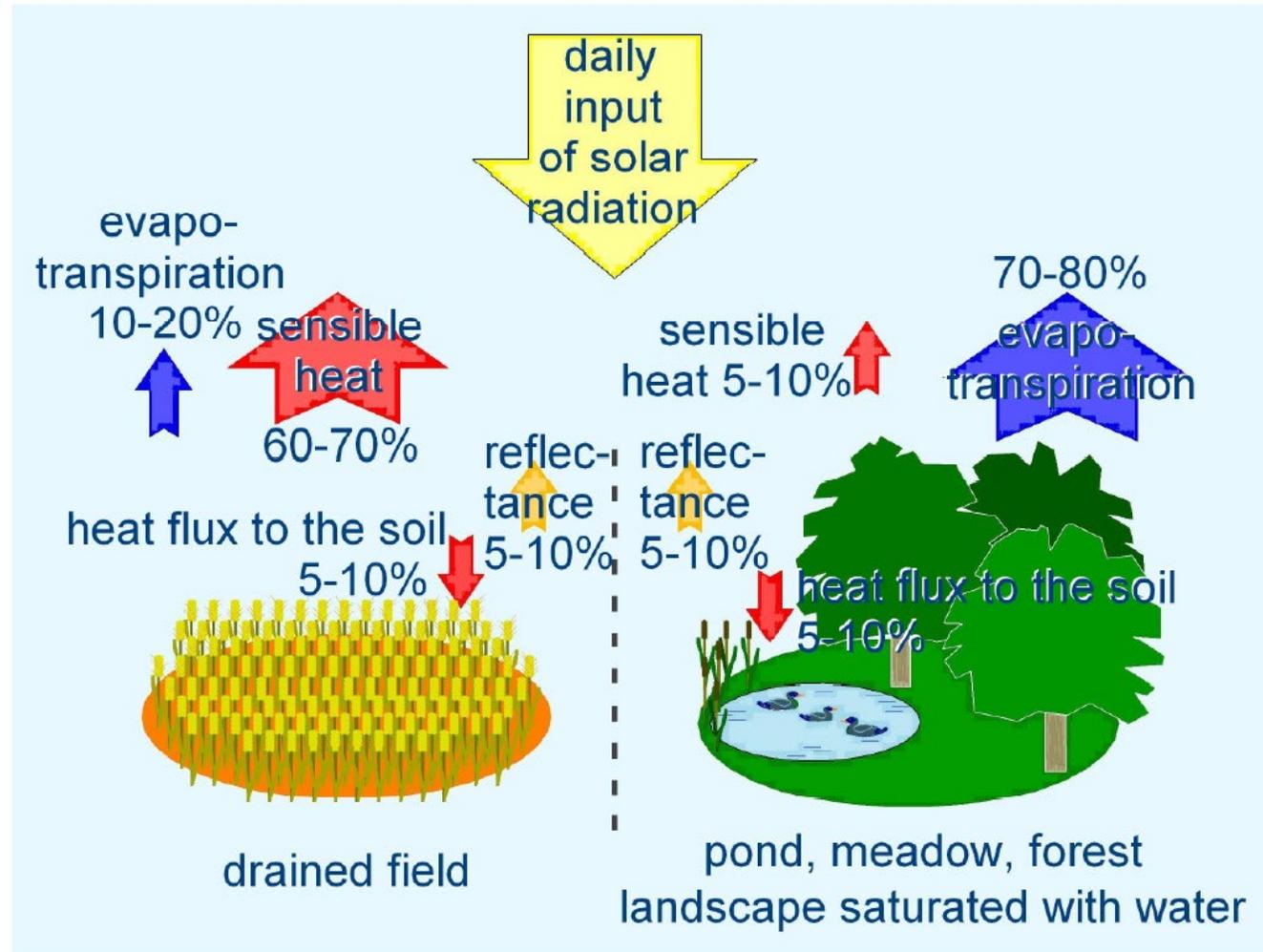


Landschaftsökologisches Mosaik im Saaletal – Ein beispielhaftes Freiluftlabor für Forschung und Lehre. © Professor Dr. Björn Machalett



Quelle: Disse et al., Water Security, Volume 9, April 2020,
<https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100059>

Veränderung des Landschaftswasserhaushaltes



(Aus: Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm,
M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kovác, E. Tóth (2007))

Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Forst

- Ziel:
 - Gesunde klimaresiliente Mischwälder
 - Bodenspeicher tiefgründig erschlossen
 - Kleiner Wasserkreislauf



Foto: Tobias Arhelger, BMEL



Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Forst

- **Maßnahmen:**

- **Waldumbau**

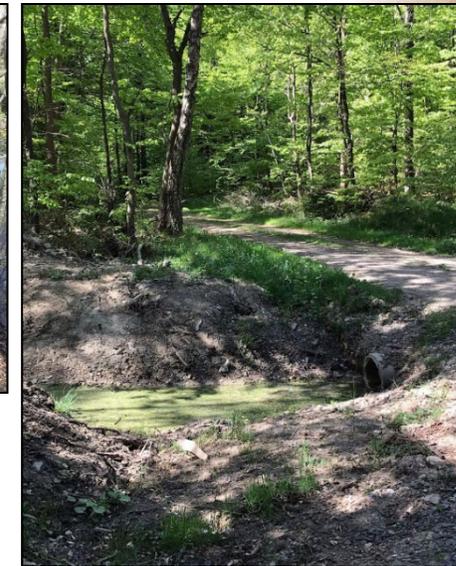
- Monokulturen durch klimaresiliente Mischwälder ersetzen
 - Besonders Wälder in Trinkwassereinzugsgebieten schützen



Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Forst

- **Maßnahmen:**

- Bodenschonende
Waldbewirtschaftung
 - Erhöhung des Infiltrationsvermögens
- Dezentrale Rückhalte
 - Erhöhung der Infiltration
- Reinfiltration von durch Forst-
straßen abgefangenes Regen-
und Hangzugwasser
 - Verringerung von schnellen Abflüssen



Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Forst

- **Beispiel:**

- Wasserrückhalt in der Fläche

- Forschungsprojekt STUDIO

- Maßnahmen:

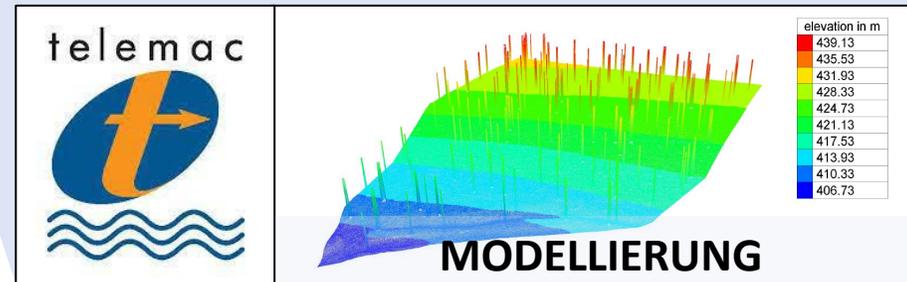
- Ausrichten von Totholz
 - Sehr kleine Retentionsmulden

- Methodik:

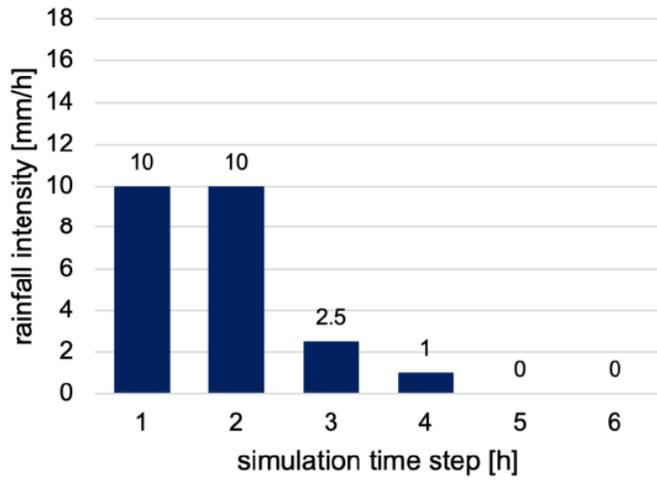
- Vermessung
 - Monitoring
 - Modellierung

- Ergebnis:

- Erhöhung der Infiltration durch Totholz und Mulden

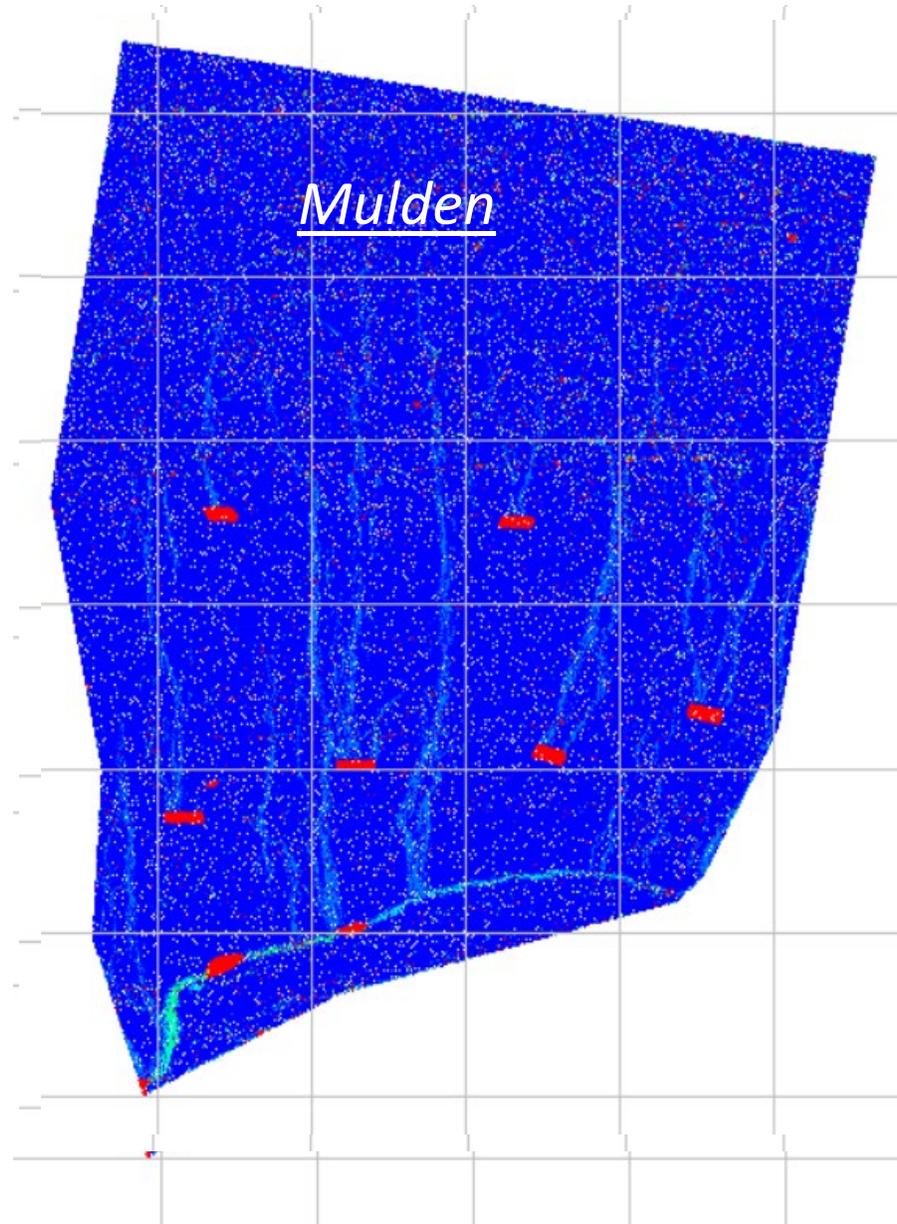
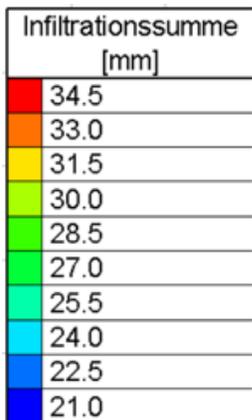


Ergebnisse:



$$\text{Abflussbeiwert} = \frac{\text{Summe des Abflusses}}{\text{Regensumme}}$$

(Maß für den Wasserrückhalt,
kleiner → mehr Rückhalt)



Szenario	Verringerung des Abflusskoeffizienten im Vergleich zum Ist-Zustand [%]
Ausgerichtetes Totholz	8.4
Nicht-wirtschafteter Wald	23.1
Mulden	48.5



Fazit Projekt STUDIO (Projektdauer: 1 Jahr)

- Infiltration und Wasserrückhalt im Wald durch Bewirtschaftung bereits **maßgeblich** verändert
- Bei allen Totholz- und Muldenszenarien (in denen es zu Oberflächenabfluss kam) kam es zu erhöhter Infiltration im Vergleich zum Ist-Zustand
- Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit erhöht die Infiltration
- Mulden reduzieren den Abfluss effizienter als Totholz
- Totholz führt zu einer flächigen Erhöhung der Infiltration



Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Landwirtschaft

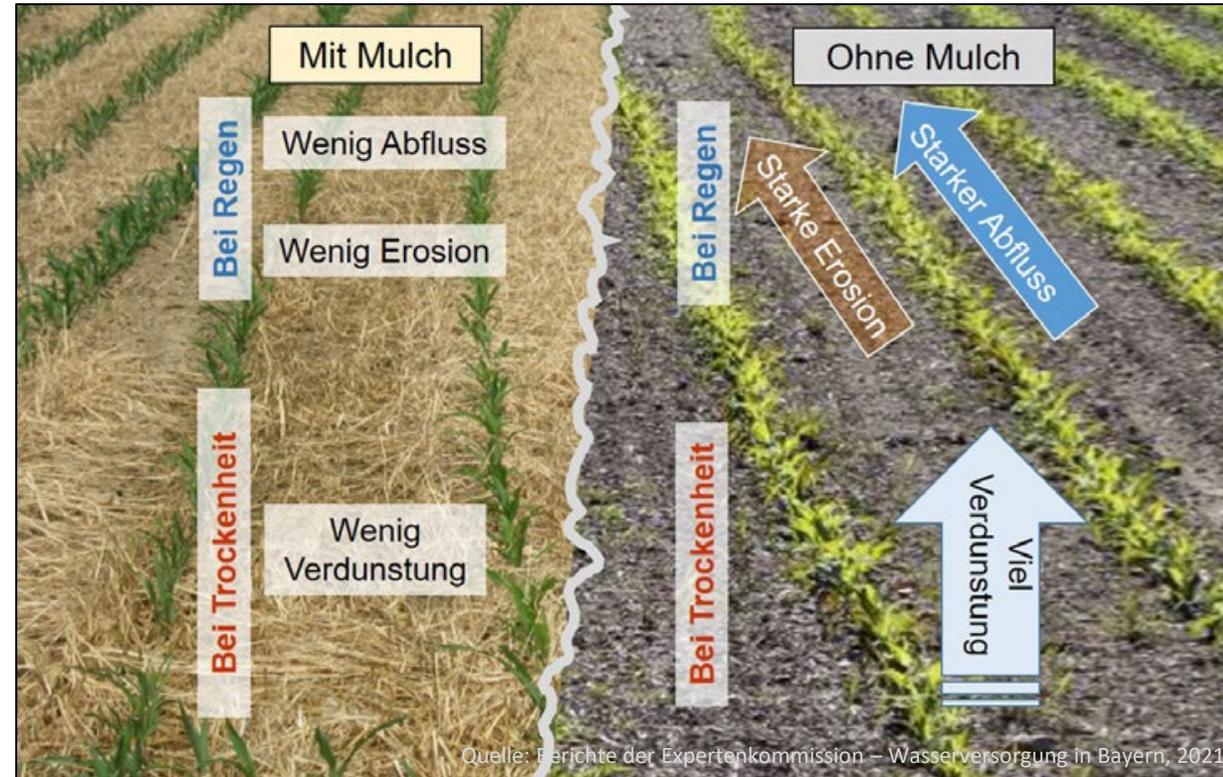
- **Agroforstwirtschaft, Hecken oder Agrophotovoltaikanlagen**
 - Windbremsend
 - Verringern Bodenverdunstung
- **Dezentrale Speicherbecken**
 - Klein, verteilt in der Landschaft
 - Für mögliche Bewässerung
 - Hochwasserschutz
- **Feuchtgebiete schützen und wiederherstellen**
 - Speicherfunktion
 - Paludikulturen



Klimaresilienter Landschaftswasserhaushalt - Landwirtschaft

- **Mulchbedeckung, Direktsaatverfahren und bodenschonende Bearbeitung**

- Verbesserung der Infiltration
- Erhalt der Wasserspeicherkapazität
- Verminderung der Bodenverdunstung
- Ca. 100 mm/Jahr kann verfügbar gemacht werden



- **Beispiel:**

- Grüne Gräben Pilotprojekt des WWA Ansbach
 - „Grüne Gräben“ zum Wasserrückhalt in der Fläche
 - Erarbeitung weiterer Maßnahmen mit Stakeholdern
 - Hydrologische Modellierung durch die TU München

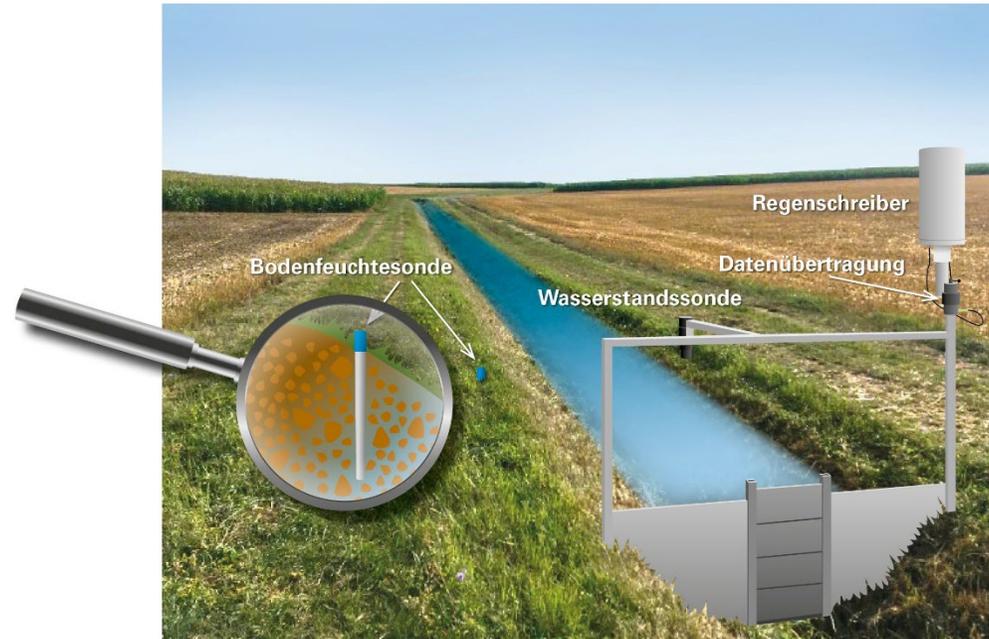
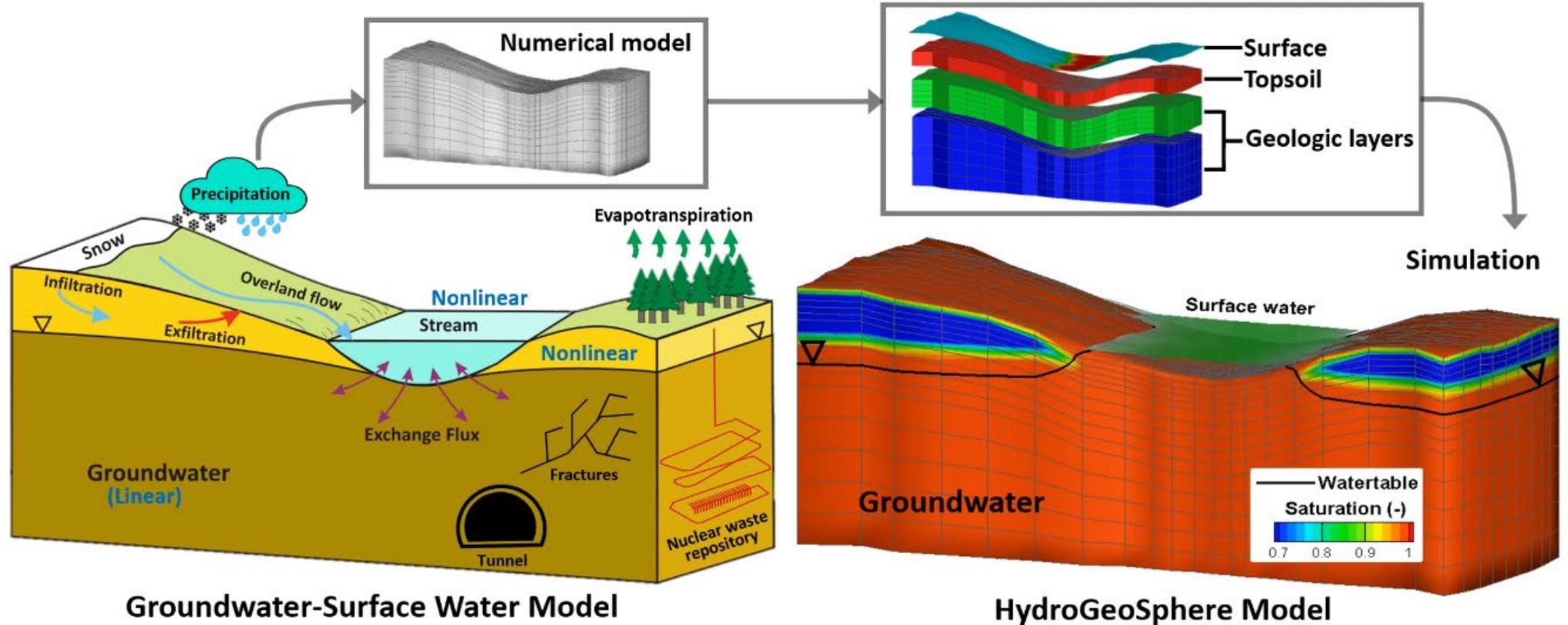


Bild: WWA Ansbach

Modellansatz: Projekt *Grüne Gräben* (Projektbeginn 01.10.2023)

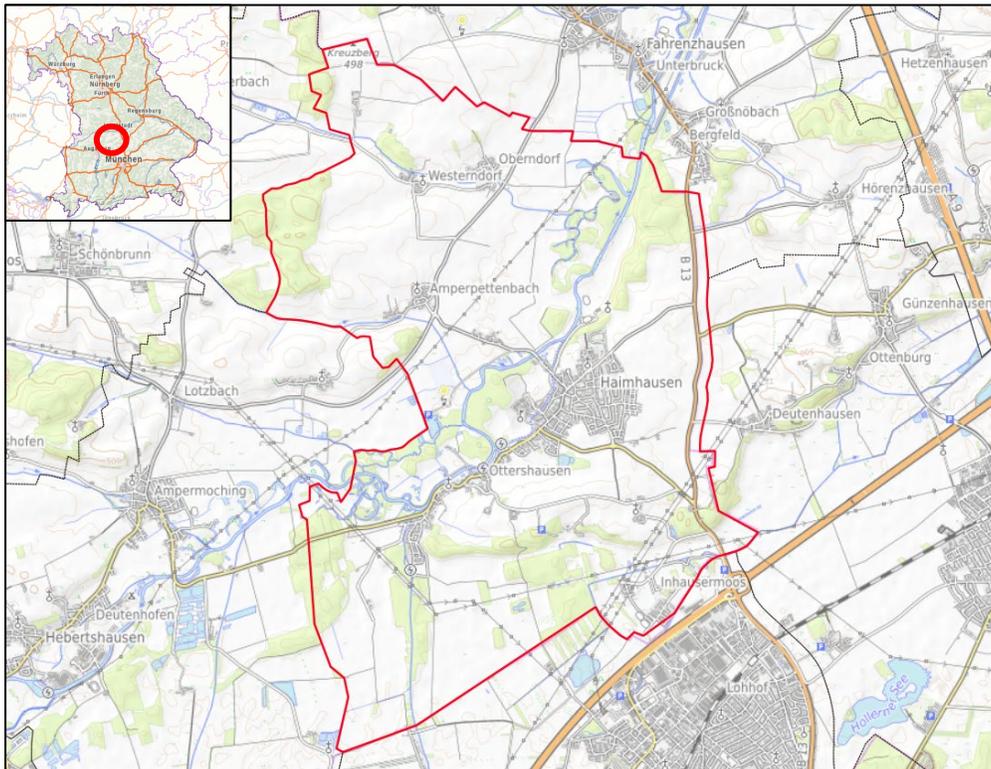


Groundwater-Surface Water Model

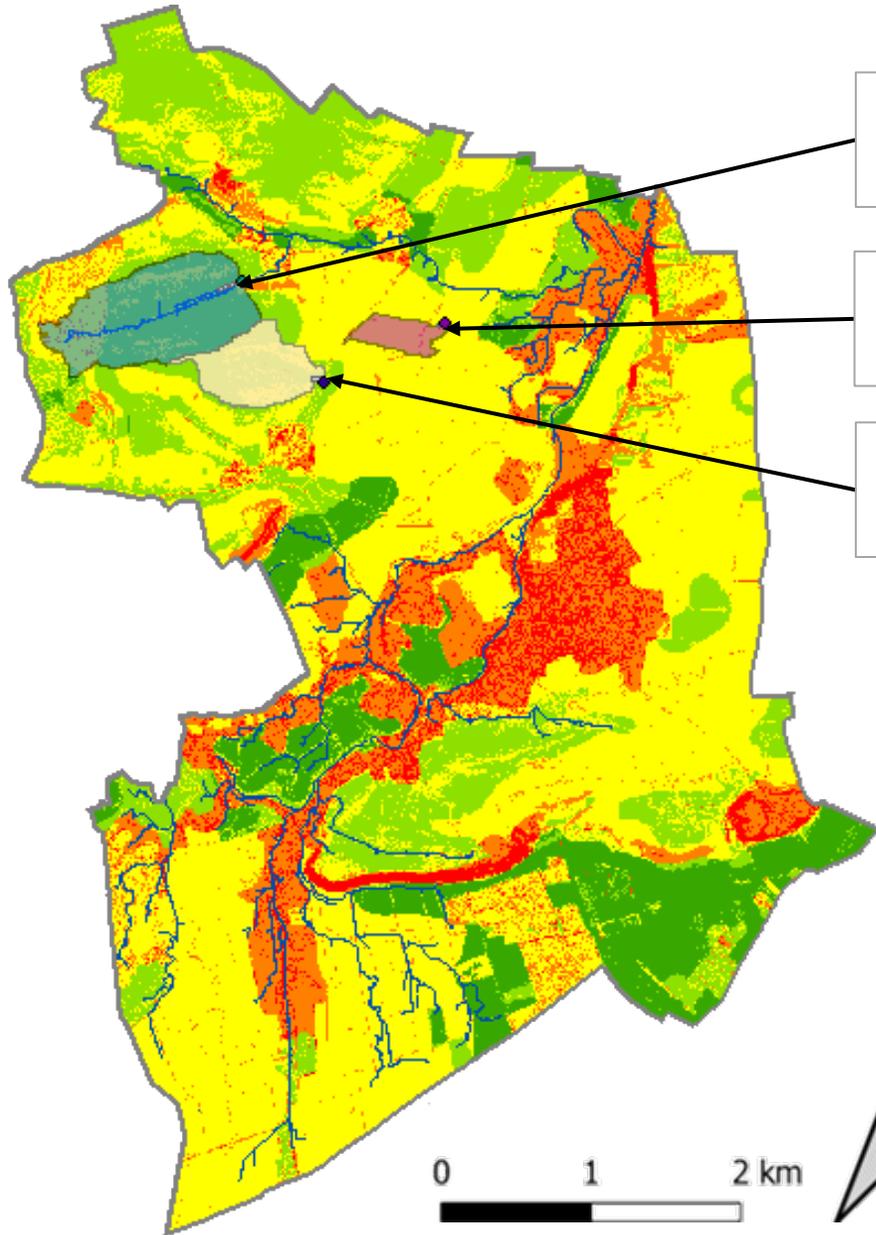
HydroGeoSphere Model

Beispiel Haimhausen

- Retentionsbecken
 - Regenwassernutzung
 - Speicher mit Nutz- & Rückhaltevolumen



Potentielle Standorte (Beispiele)

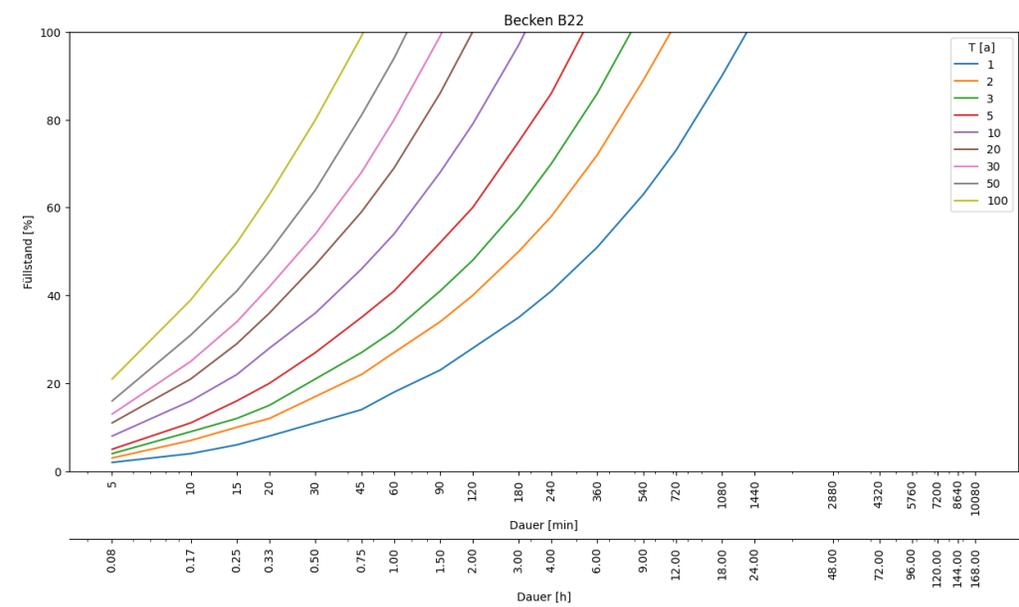


Einzugsgebiet 1: 741853 m²
 Becken 1: 2463 m² · 2m = 4926 m³

Einzugsgebiet 2: 111307 m²
 Becken 22: 1000 m² · 2m = 2000 m³

Einzugsgebiet 3: 322355 m²
 Becken 31: 1000 m² · 2m = 2000 m³

- Haimhausen
- Gewässernetz der Amper
- Standorteignung
- Ungeeignet
- Bedingt geeignet
- Geeignet
- Gut geeignet
- Sehr gut geeignet



Fazit Maßnahmen Landwirtschaft (Dürre)

- Bodenbedeckung!
- Hecken
- Feuchtflächen
- Potenzial von Gräben zum Wasserrückhalt hoch
- Rechnerischer Nachweis erforderlich
- Drainagemanagement durch Regulierung des Einstaus
- Retentionspotenzialanalyse für Dimensionierung von Regenrückhaltebecken landesweit möglich



ProNaHo

Prozessbasierte Modellierung
 Natürlicher sowie Dezentraler
 Hochwasserrückhaltmaßnahmen
 zur Analyse der ereignis- und
 gebietsabhängigen Wirksamkeit



finanziert von:



Bayerisches Staatsministerium für
 Umwelt und Verbraucherschutz



Dissertation Michael Neumayer:

Gebietsübergreifende Retentionspotenzialanalyse einer naturnahen Gewässer- und Auengestaltung als Beitrag zum dezentralen Hochwasserrückhalt

https://mediatum.ub.tum.de/603831?show_id=1611208

Gewässerrenaturierung

Hintergrund

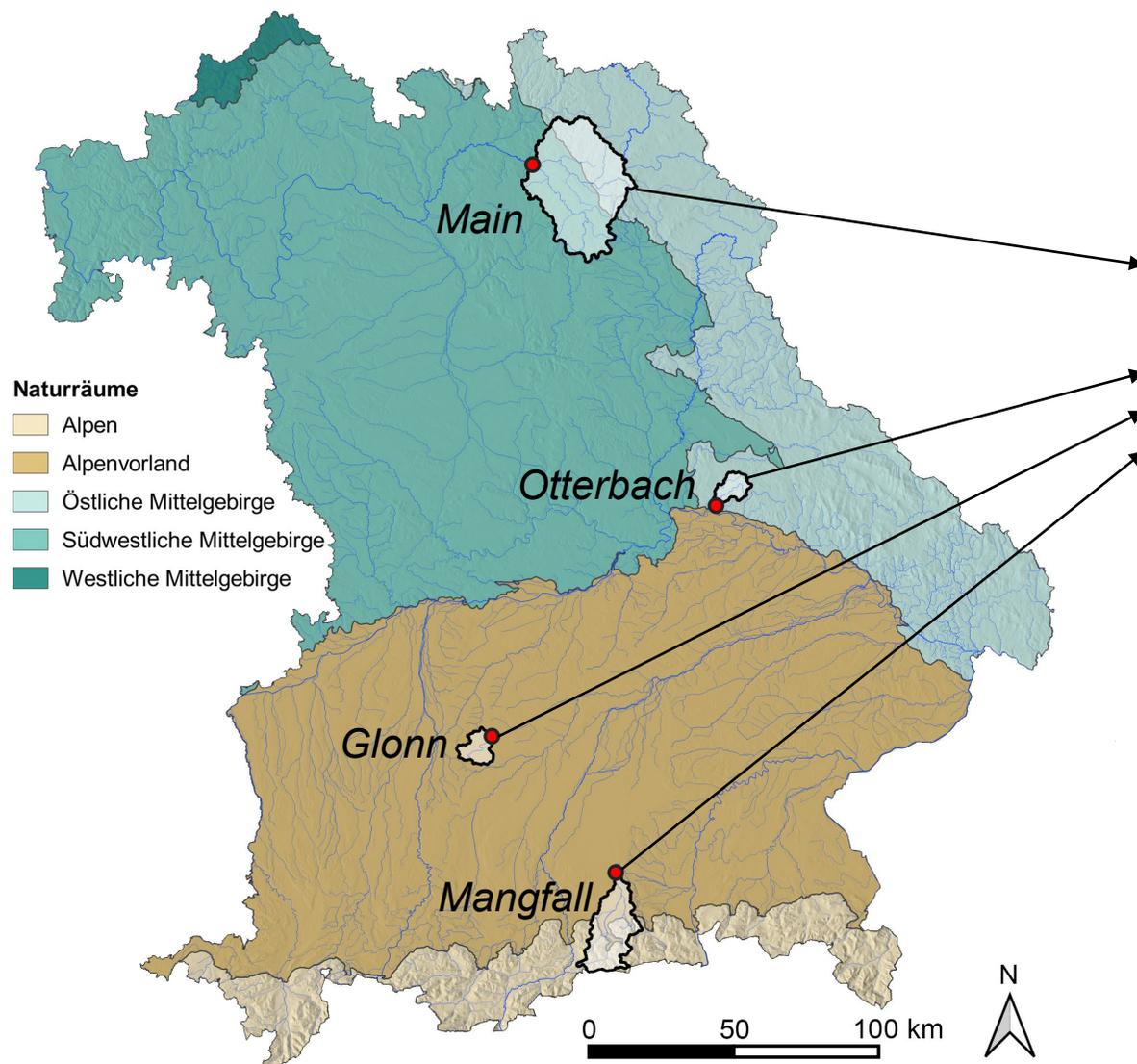
*In Deutschland weisen weniger als 10 % der
Flussauen eine natürliche Ausprägung auf
(1. Auenzustandsbericht, 2009)*

*Zwei Drittel der Auen sind durch eine stark veränderte
Nutzung gekennzeichnet und stehen nicht mehr als
Retentionsraum zur Verfügung
(2. Auenzustandsbericht, 2021)*

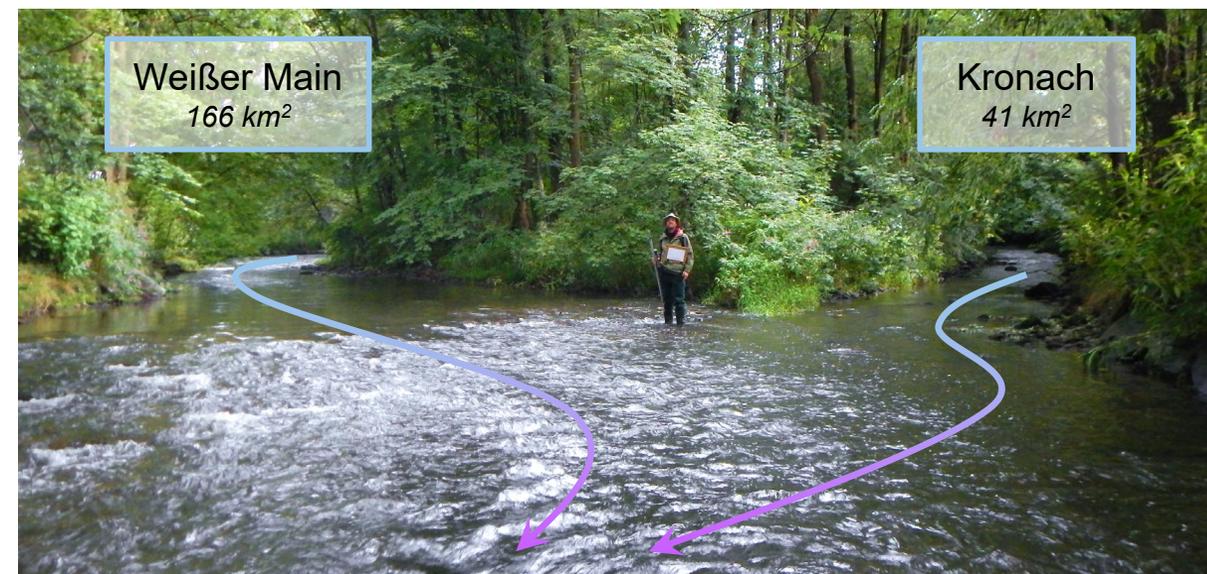
WWA Rosenheim



Hydrodynamische Untersuchungsgebiete

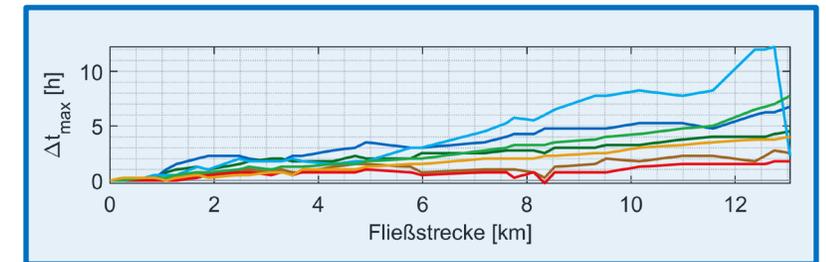
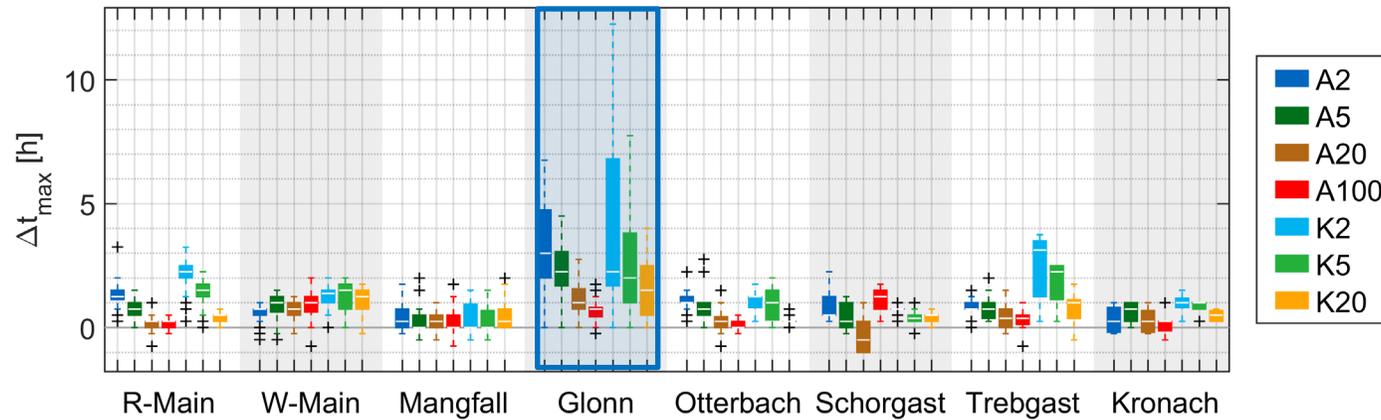
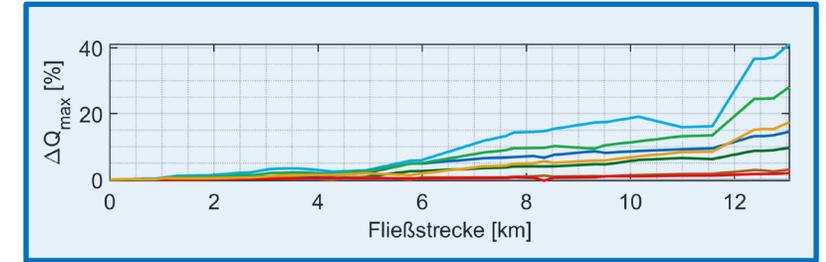
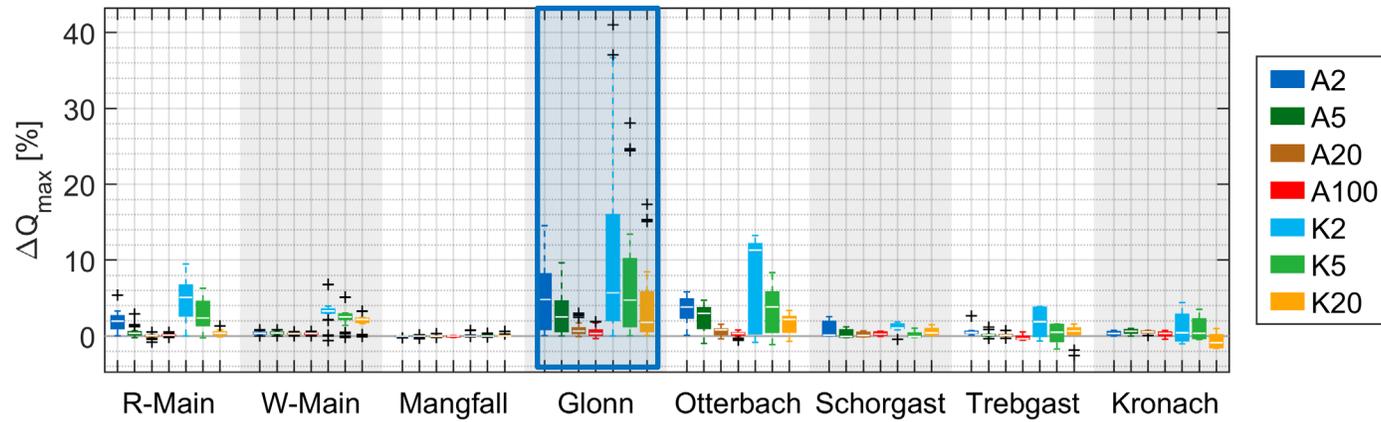
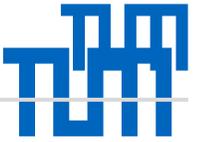


	Einzugs- gebietsgröße [km ²]	modellierter Talabschnitt [km]	Talliniengefälle [%]	Windungsgrad [-]
R-Main	335	21.4	3.5	1.22
W-Main	570	17.6	4.1	1.37
Schorgast	249	7.2	4.8	1.32
Trebgast	64	8.0	2.0	1.14
Kronach	41	6.1	10.2	1.19
Otterbach	91	13.7	10.1	1.14
Glonn	104	13.1	1.6	1.04
Mangfall	343	11.2	8.2	1.07



(Neumayer, 2017)

Retentionspotenzial



Ergebnisse:

- Höhere Scheitelabminderung & -verzögerung im Falle konvektiver Ereignisse
- Größere Retentionswirkung für kleinere Jährlichkeiten
- Maßgeblicher Einfluss von veränderten Wellenüberlagerungseffekten

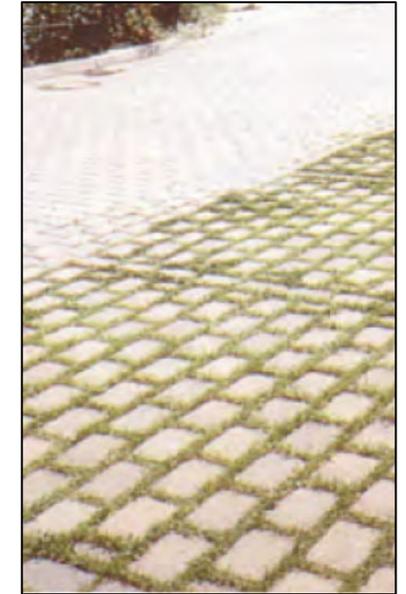
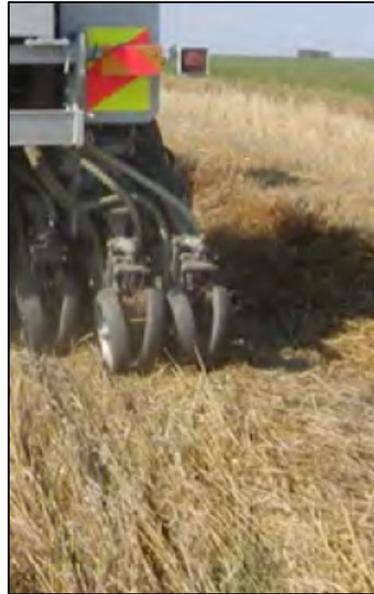
Fazit Maßnahmen Gewässerrenaturierung

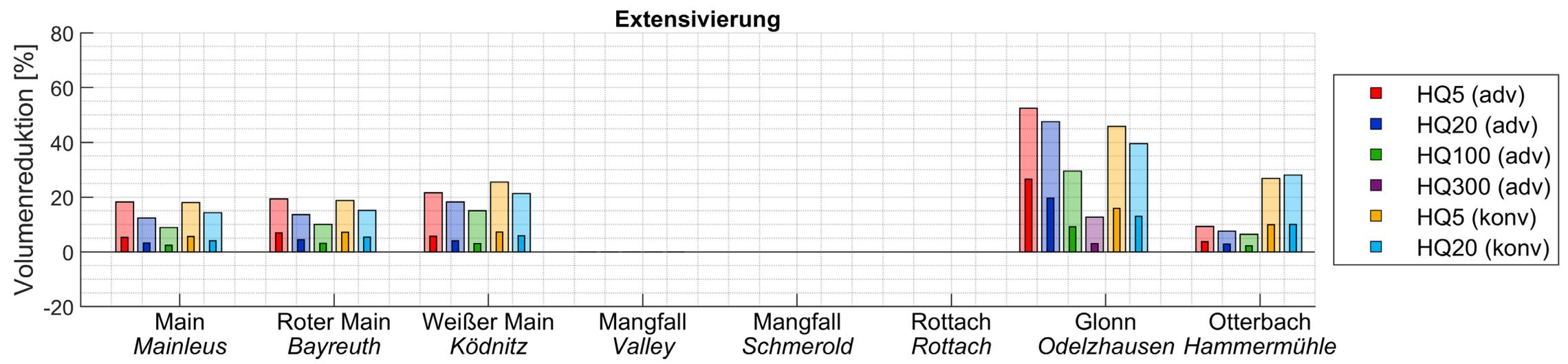
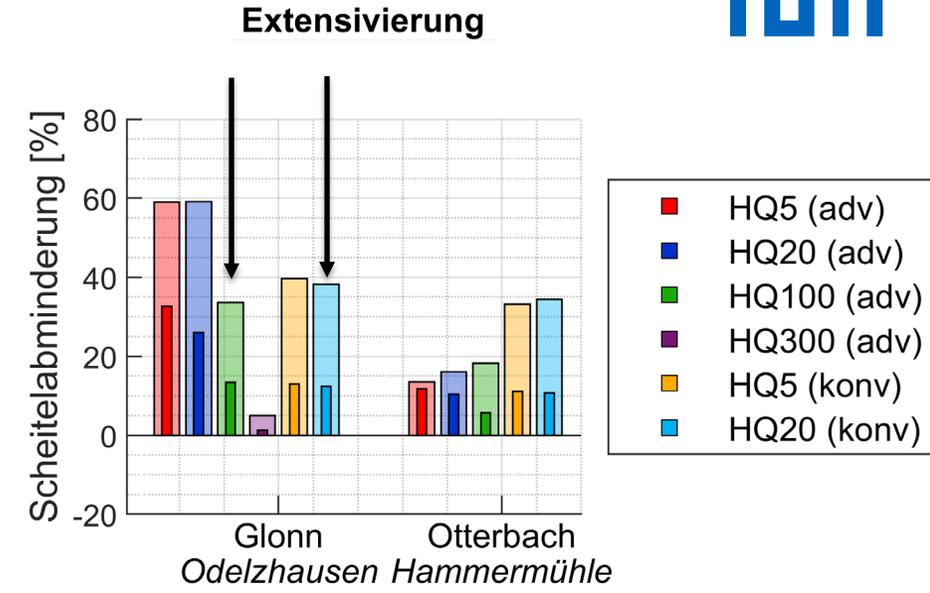
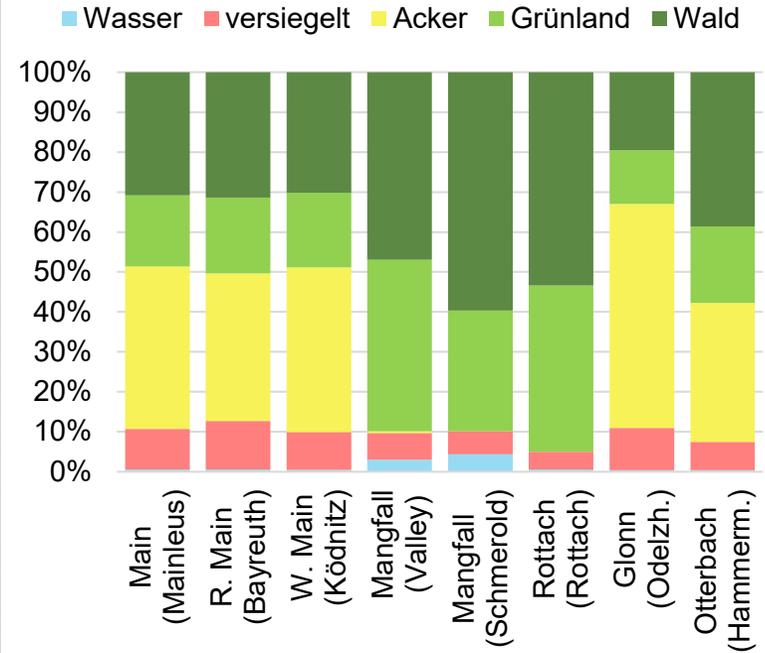
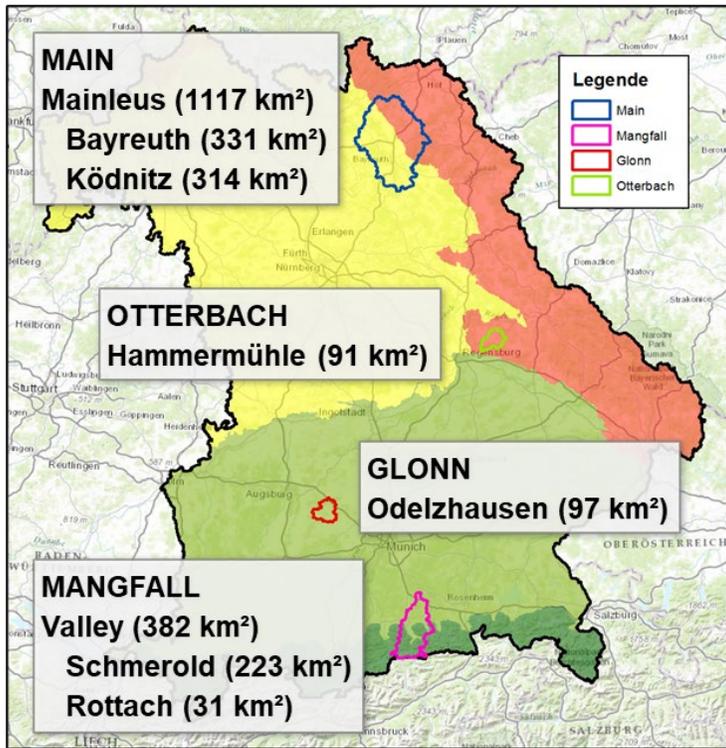
- Renaturierungsmaßnahmen beeinflussen insbesondere konvektive Ereignisse mit geringen Jährlichkeiten:
bis zu 41,1 % Abminderung und 12,25 h Verzögerung (HQ₂, Glonn)
- Geringe bis nicht vorhandene Retentionswirkung bei großen Hochwasserereignissen:
max. 1,9 % Abminderung bei HQ₁₀₀
- Begünstigende Faktoren:
weite Vorländer, flaches Talliniengefälle, hohe Rauheitszunahme, großer Retentionsraumgewinn
- Deutliche Überprägung durch Wellenüberlagerungseffekte möglich:
positiv und negativ

Renaturierungsszenarien → Grundwasseranreicherung

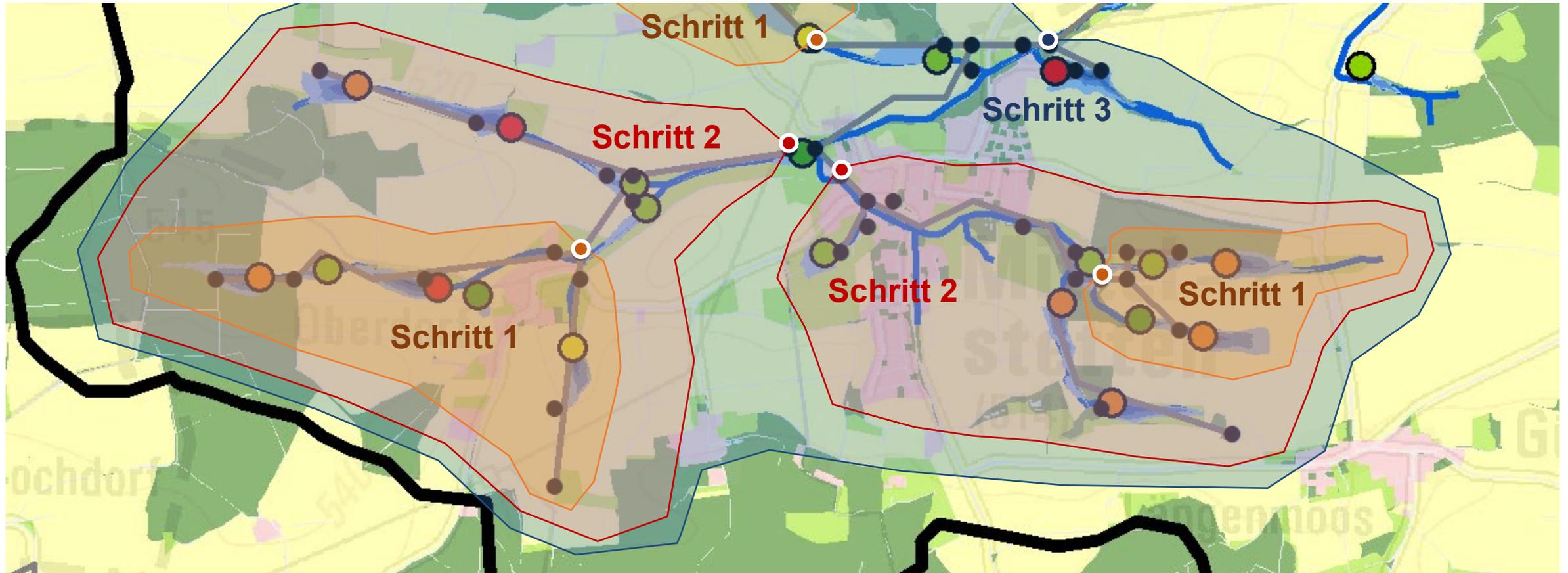
Landnutzungs- und Bewirtschaftungsmaßnahmen

	Extensivierung	Konserv. Bewirtschaft.	Direktsaatverfahren	Aufforstung	Waldumbau	Entsiegelung
<i>Umfang</i>	30 % der Ackerfläche			10 % der EZG-Fläche	100 % der Waldfläche	10 % der Siedlungsflächen
<i>Selektion</i>	Großer Oberflächenabflussanteil			Waldrand + geringer Wert	-	zufällig



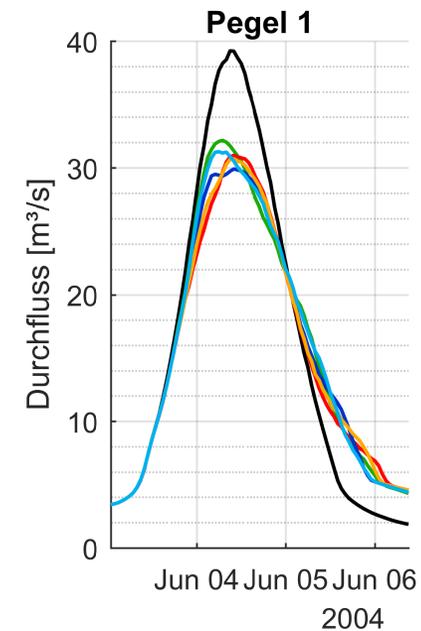
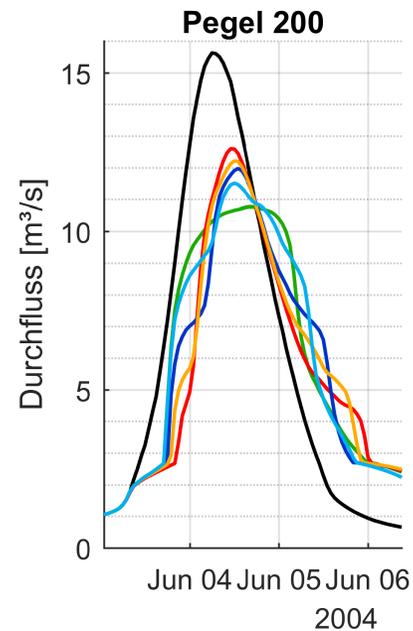
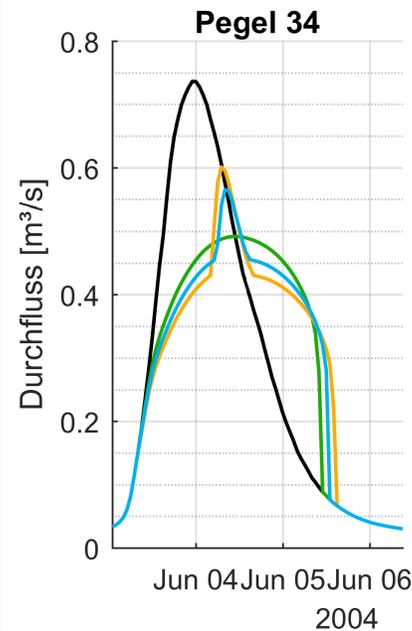
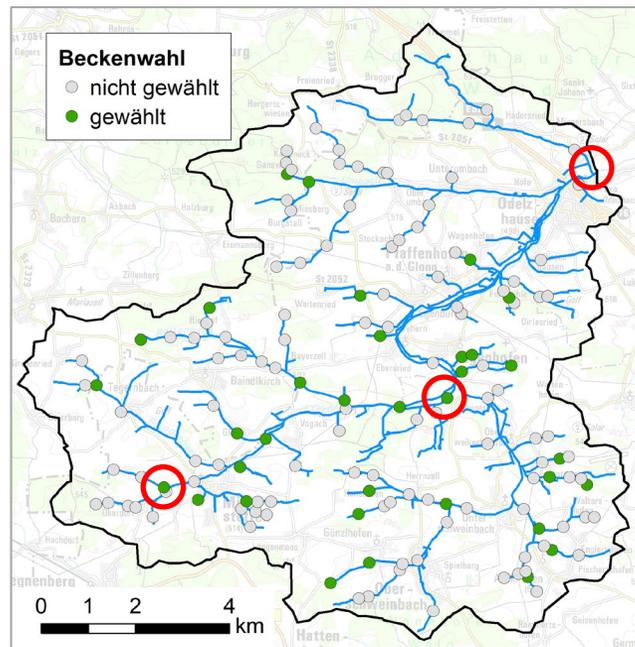
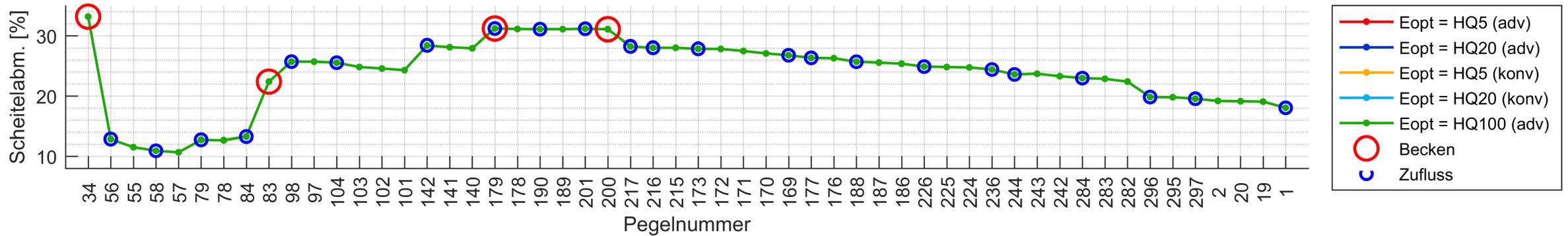


Dezentrale Rückhaltebecken



Dissertation Sonja Teschemacher: <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1586359>

Einfluss von Überlagerungseffekten (Beispiel Glonn, HQ100)



Fazit Maßnahmen Landwirtschaft (Hochwasser / Starkregen)

- Wirksamste Maßnahmen (pot. real. Umfang):
Extensivierung, Aufforstung
- Wirksamste Maßnahmen (pro % EZG):
Entsiegelung, Extensivierung, Aufforstung
- Scheitelabminderung bedeutet auch Volumenabminderung
→ Dürrevorsorge
- Lokales, ideal gesteuertes Becken ist immer wirksamer als
dezentrale Anordnung
- Schutz in der Fläche möglich
- Auch bei größeren Ereignissen maßgeblicher
scheitelreduzierender Effekt erreichbar
- Mittleres Beckenvolumen: ca. 10'000 m³ – 20'000 m³



SWAT+ (Soil Water Assessment Tool)

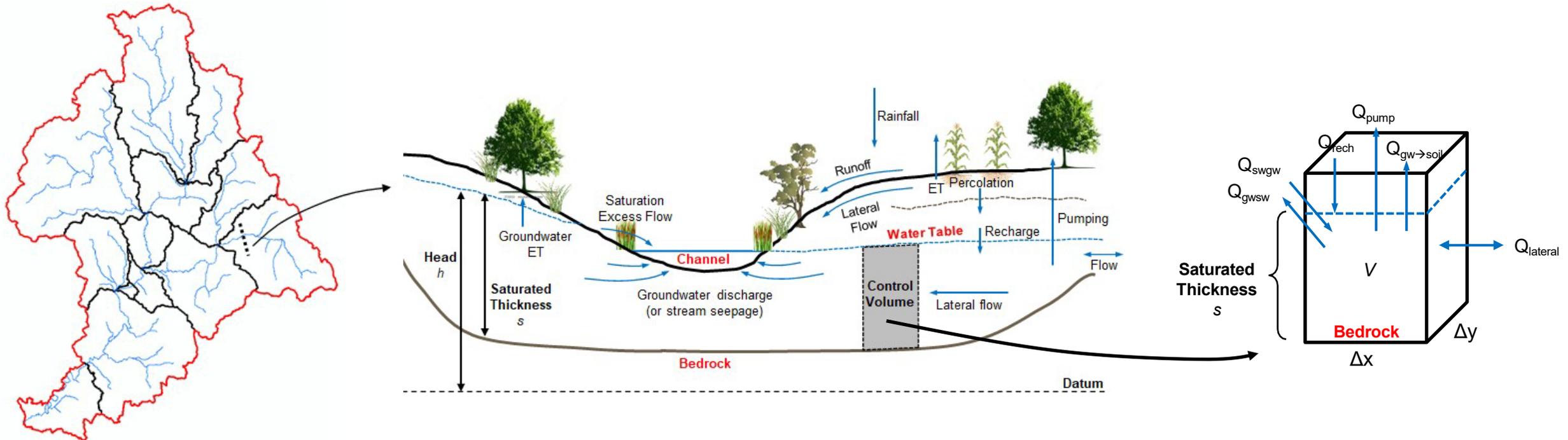


2020-present: Development of *gwflo*w module for SWAT+

Physically based spatially distributed groundwater modeling

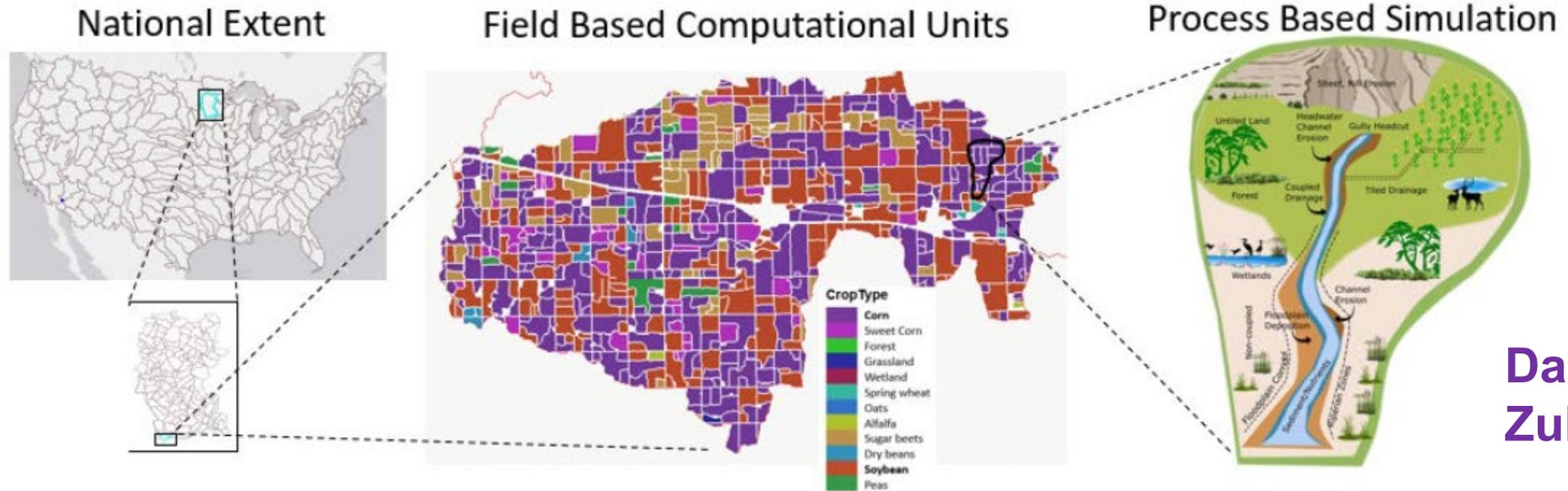
Divide the watershed aquifer into discrete “cells” (volumes); quantify groundwater inflows and outflows for each cell

Cells interact with **HRUs** (recharge), **channels** and **reservoirs** (exchange), **irrigated fields** (pumping), and **channel floodplains** (exchange)



Priorisierung von Maßnahmen eines klimaresilienten Landschaftswasserhaushaltes?

Agrarhydrologische Modellierung SWAT+ → Beispiel USA



Danke fürs
Zuhören!

National-scale application, USA (National Agroecosystem Model)

Jeffrey Arnold, Michael White (USDA-ARS)

Messen, Modellieren, Monitoren

Hochwasser, Dürre, Ökosystemfunktionen und Ökonomie systemisch denken!