

# Wirksamkeit von Aufforstungs- und Waldumbaumaßnahmen als Bausteine des dezentralen Hochwasserschutzes in voralpinen Einzugsgebieten



*Prof. Dr.-Ing. Markus Disse*

*Sonja Teschemacher, Michael Neumayer, Dr.- Ing. Wolfgang Rieger*

- Einführung
- Wirkung des Waldes auf die Hochwasserentstehung
- Bisherige Untersuchungen
- Das Projekt ProNaHo
- Zusammenfassung



# Einführung

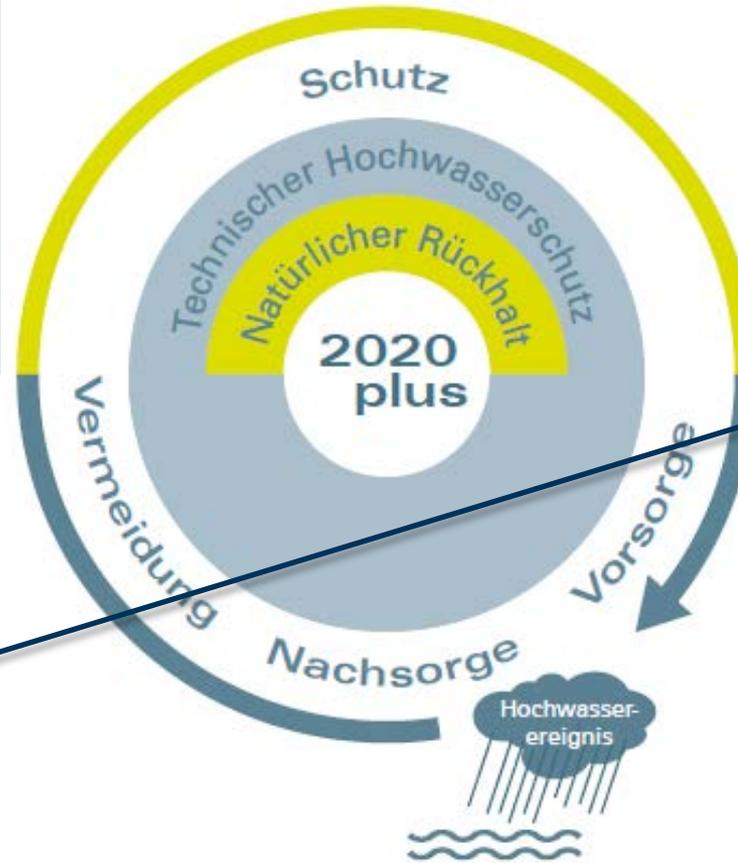
## Natürliche und dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen

### Technischer HWS:

- Deiche, Mauern
- Flutmulden
- Rückhaltebecken
- Talsperren
- Flutpolder



**Waldeinfluss**



### Dezentraler Hochwasserschutz

#### Natürlicher Rückhalt:

- Rückhalt in Gewässer und Aue
- Rückhalt im Wald und in der Landwirtschaft
- Rückhalt in Siedlungsgebieten
- Klein(st)rückhalte

STMUV, 2014

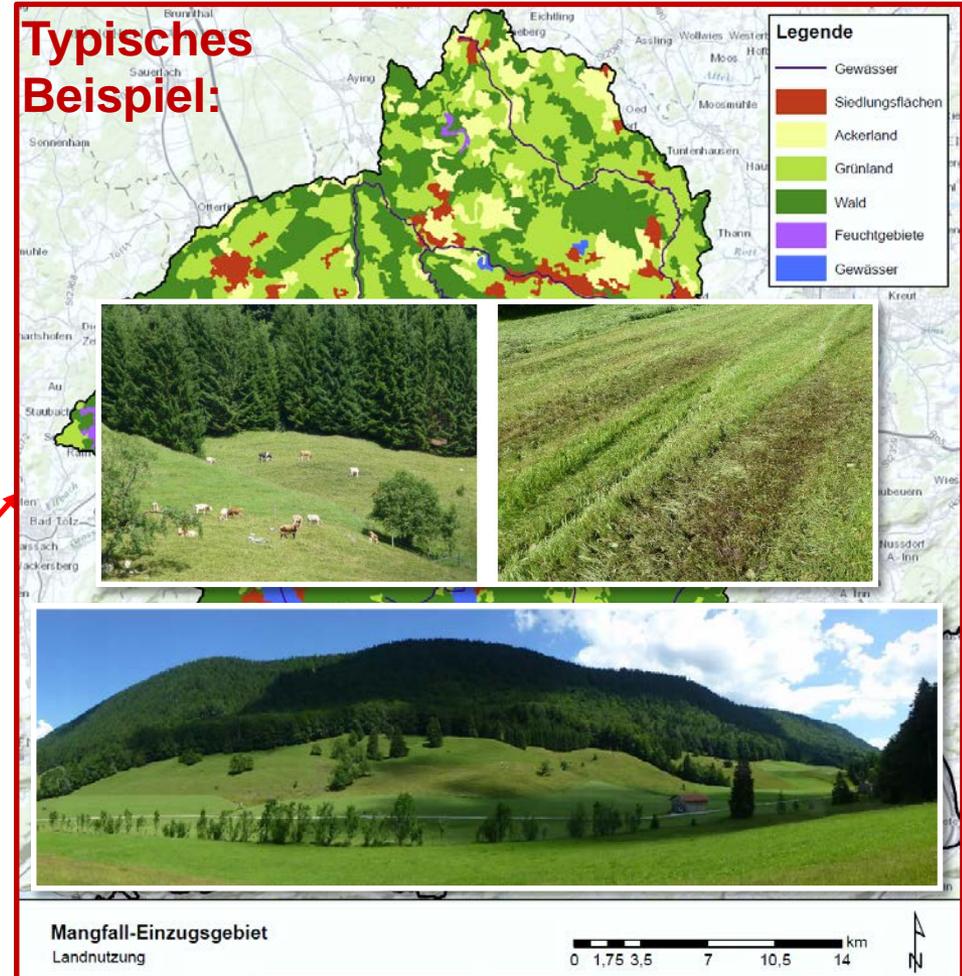
KRAIER, 2016, verändert

# Einführung

## Charakteristik voralpiner Einzugsgebiete



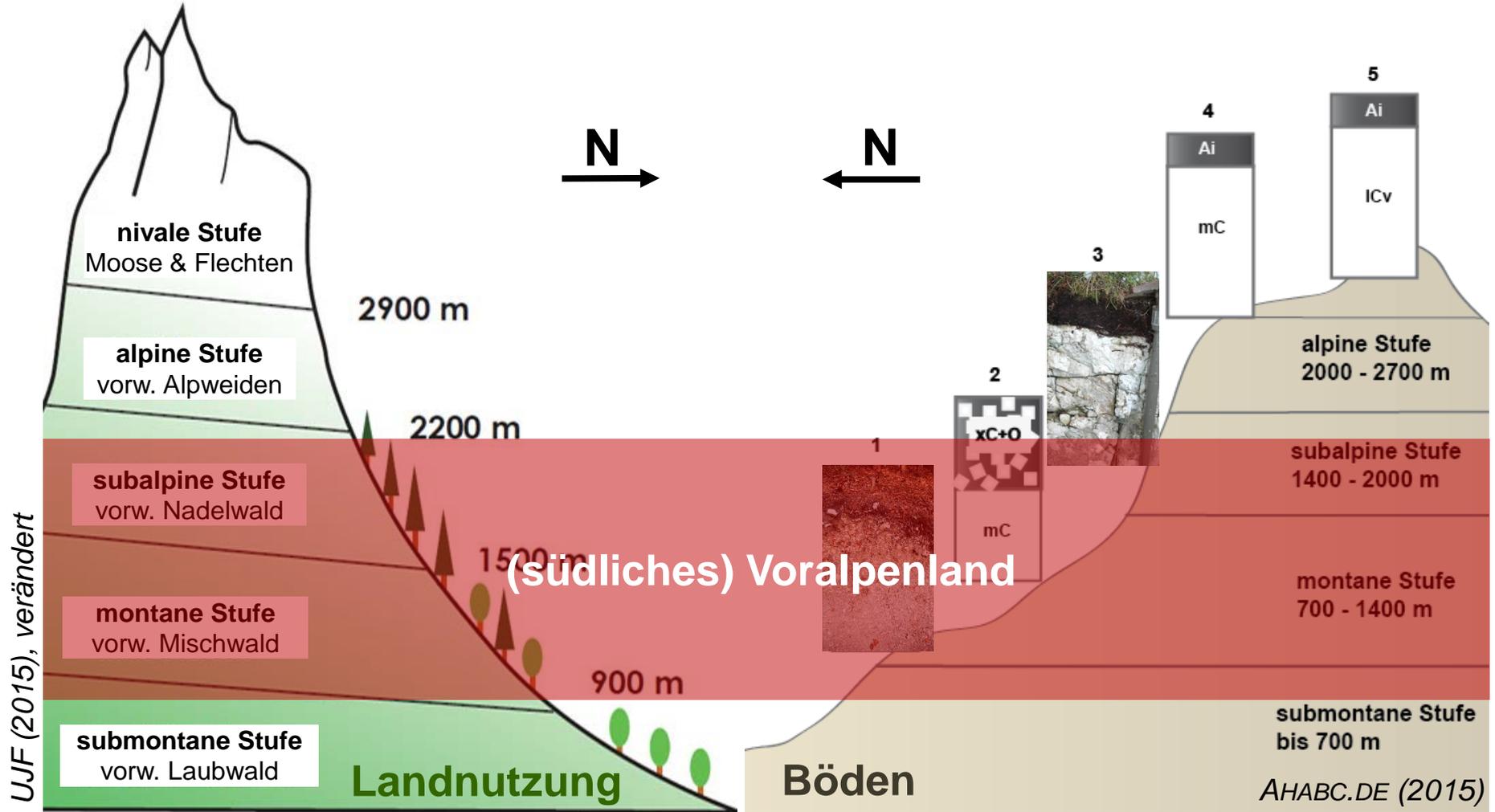
WIKIPEDIA.ORG (2017)



TESCHEMACHER & HAAS (2015)

# Einführung

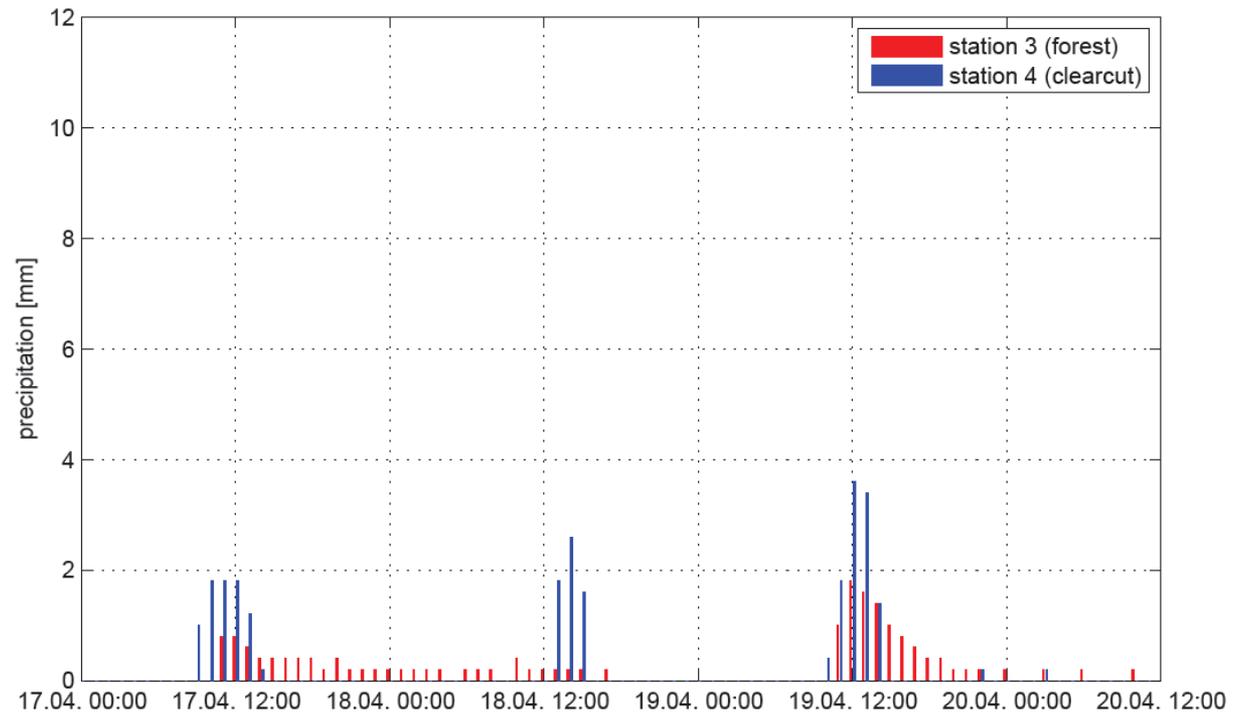
## Charakteristik voralpiner Einzugsgebiete



## Einfluss auf die Abflussbildung durch...

...Interzeption

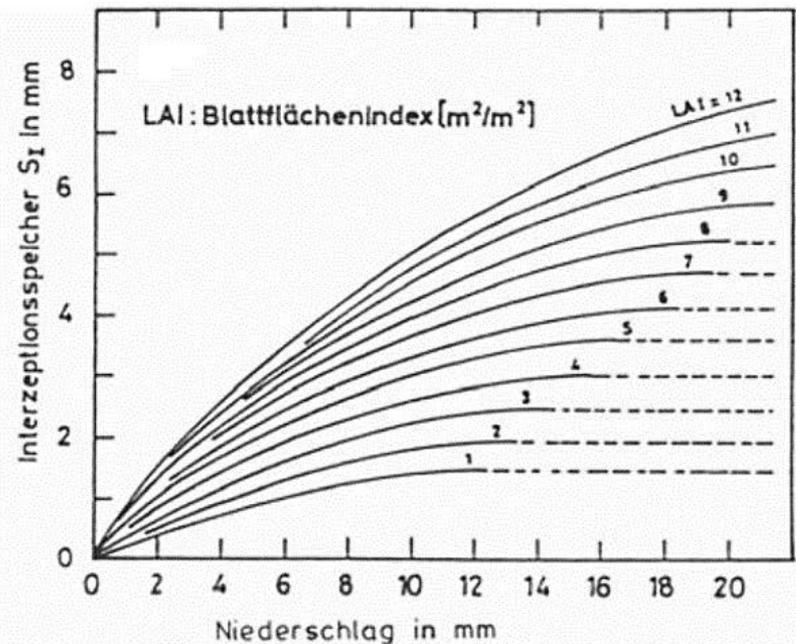
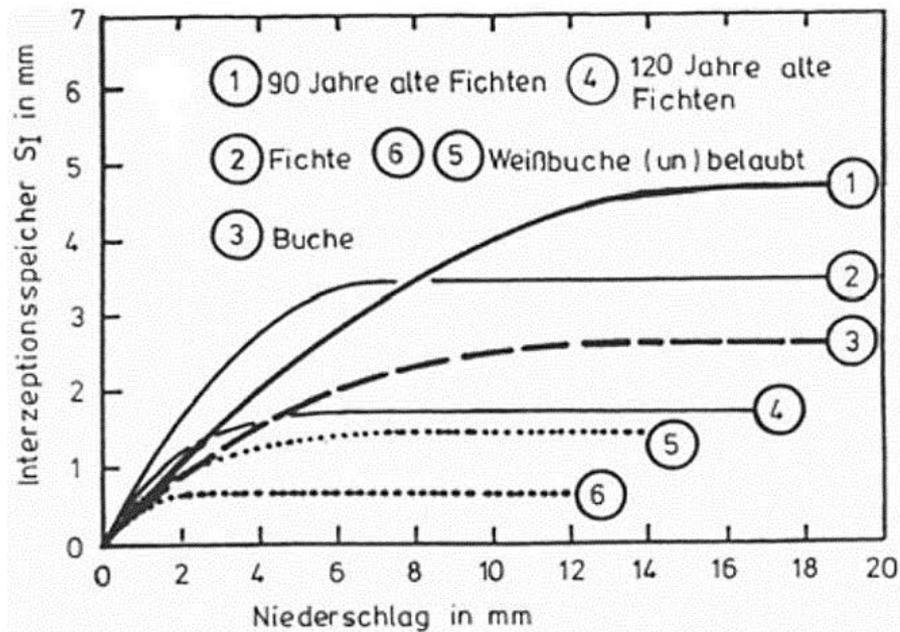
Messstation Sachenbach: Wald- und Freifläche  
ca. 1220 m ü. NN



## Einfluss auf die Abflussbildung durch...

...Interzeption

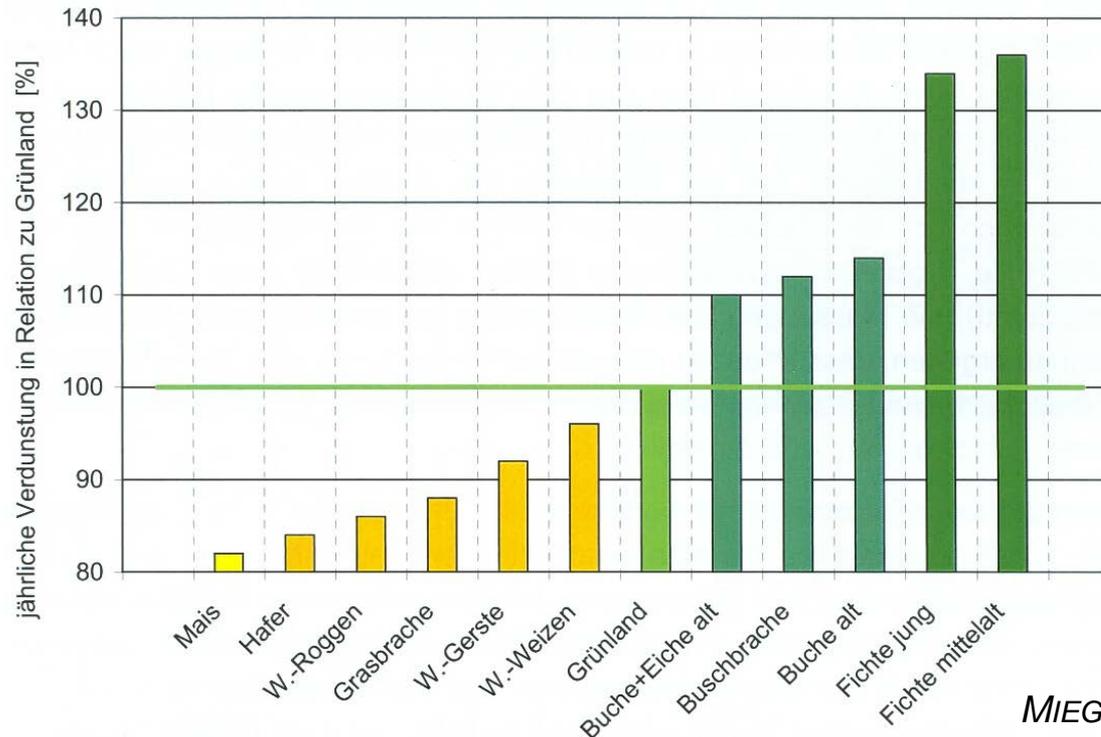
MANIAK (2010):  
Begrenzter Speicher!



## Einfluss auf die Abflussbildung durch...

...Interzeption

...Verdunstung



MIEGEL (2007)

## Einfluss auf die Abflussbildung durch...

...Interzeption

...Verdunstung

...Infiltration

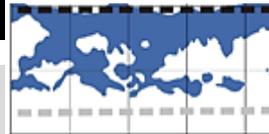
Infiltrationsmuster der unterschiedlichen Landnutzungen nach Tracerexperiment:

Bereich Pflugsohle (ca. 25 cm tief),  
Raster: 20 x 20 cm

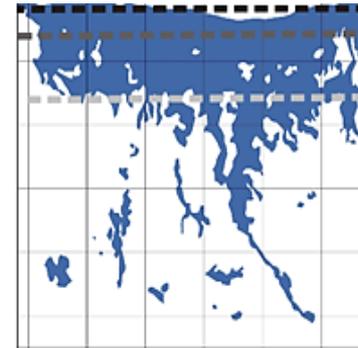
(WAHREN *et al.* (2009), verändert)

GOK

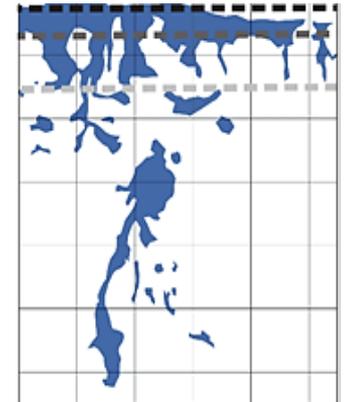
Bereich Pflugsohle



Acker



Jungaufforstung



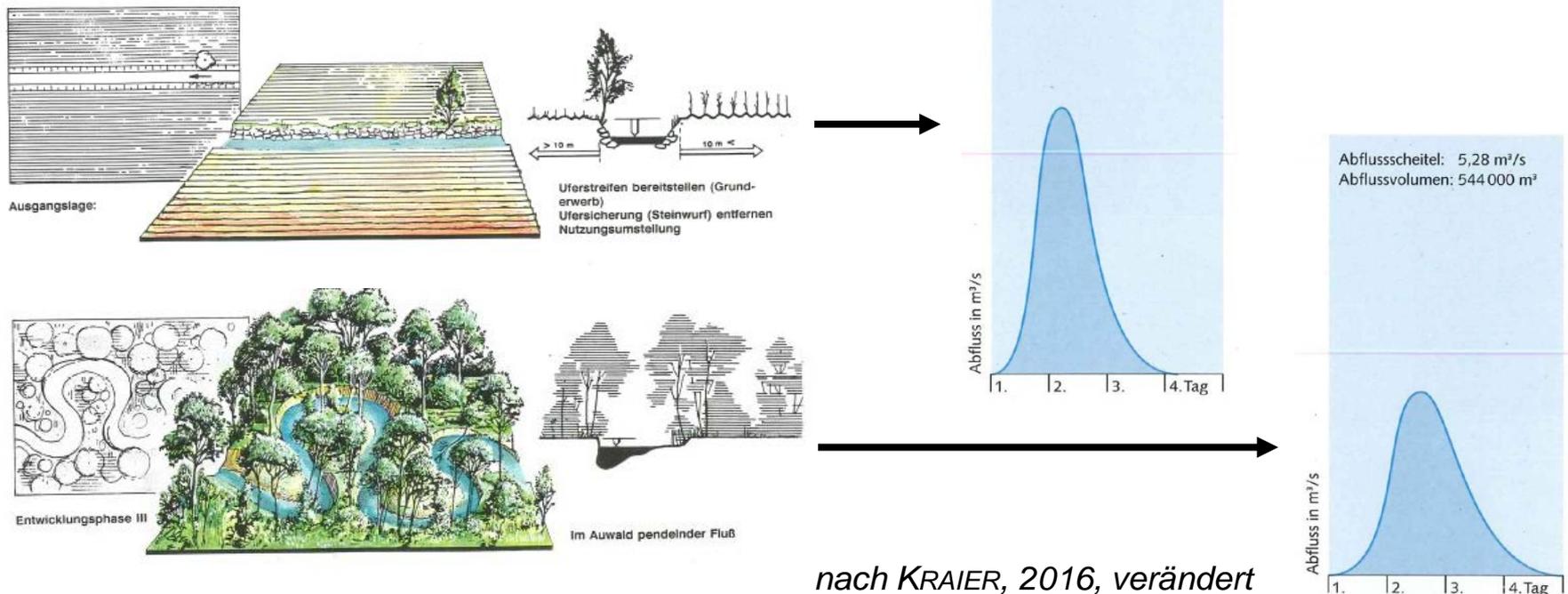
Altaufforstung

**Makroporen +  
Bodenaufbau**

## Einfluss auf Abflusskonzentration und Wellenablauf durch...

...Rauheit

Speicherung im Gewässerbett/in der Aue



# Bisherige Untersuchungen

## DWA-M 550: “Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung”

Maßnahme (in der Fläche):	Scheitelabminderung in % ( $\bar{x}$ ; Min. – Max.; Anzahl $n$ d. Untersuchungen)		
	Kleines Ereignis ( $< HQ_5$ )	Mittleres Ereignis ( $HQ_5 - HQ_{50}$ )	Großes Ereignis ( $HQ_{50} - HQ_{100}$ )
<b>Aufforstung / Waldumbau</b> (realistischer Umfang: < 10 % der EZG-Fläche)	<b>2</b> <i>Min: 1; Max: 3</i> ( $n = 2$ )	<b>2,3</b> <i>Min: 1; Max: 3,6</i> ( $n = 2$ )	<b>0,8</b> <i>Min: 0,5; Max: 1</i> ( $n = 3$ )
<b>Aufforstung / Waldumbau</b> (unrealistischer Umfang: > 10 % und < 60 % der EZG-Fläche)	<b>21,5</b> <i>Min: 5; Max: 38</i> ( $n = 2$ )	<b>4</b> - ( $n = 1$ )	<b>9,1</b> <i>Min: 1; Max: 16,4</i> ( $n = 3$ )
<b>Aufforstung / Waldumbau</b> (Extremumfang: > 60 % der EZG-Fläche)	<b>33,5</b> <i>Min: 21; Max: 46</i> ( $n = 2$ )	<b>24,2</b> <i>Min: 11,5; Max: 44</i> ( $n = 3$ )	<b>29,8</b> <i>Min: 12,2; Max: 45</i> ( $n = 12$ )

# Bisherige Untersuchungen

## DWA-M 550: “Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung”

Maßnahme (am Gewässer):	Scheitelabminderung in % ( $\bar{x}$ ; Min. – Max.; Anzahl $n$ d. Untersuchungen)		
	Kleines Ereignis ( $< HQ_5$ )	Mittleres Ereignis ( $HQ_5 - HQ_{50}$ )	Großes Ereignis ( $HQ_{50} - HQ_{100}$ )
<b>Fließwegverlängerung (ohne Auwald)</b>		<b>5,9</b> - ( $n = 1$ )	<b>0,5</b> <i>Min: 0,1; Max: 0,9</i> ( $n = 2$ )
<b>Fließwegverlängerung (mit Auwald)</b>	<b>15</b> - ( $n = 1$ )	<b>10,2</b> <i>Min: 6,4; Max: 14</i> ( $n = 2$ )	<b>7,4;</b> <i>Min: 1; Max: 24</i> ( $n = 18$ )

# Bisherige Untersuchungen

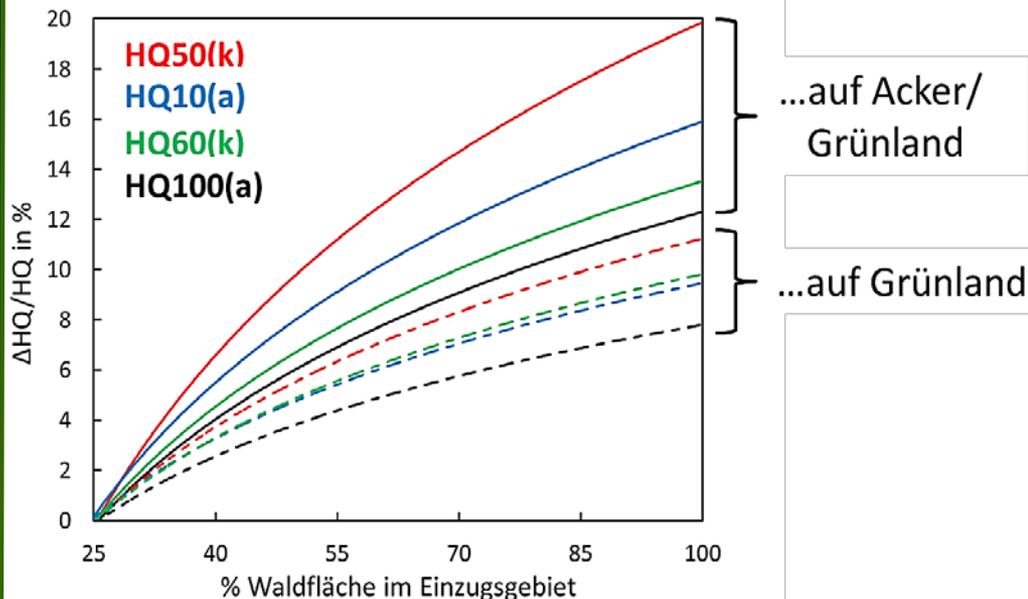
“Windachstudie” (RIEGER, 2012),

*Prozessorientierte Modellierung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen*

## Scheitelabminderung [%] durch Aufforstungsmaßnahmen...

...in der Fläche

...am Gewässer (Renaturierung)

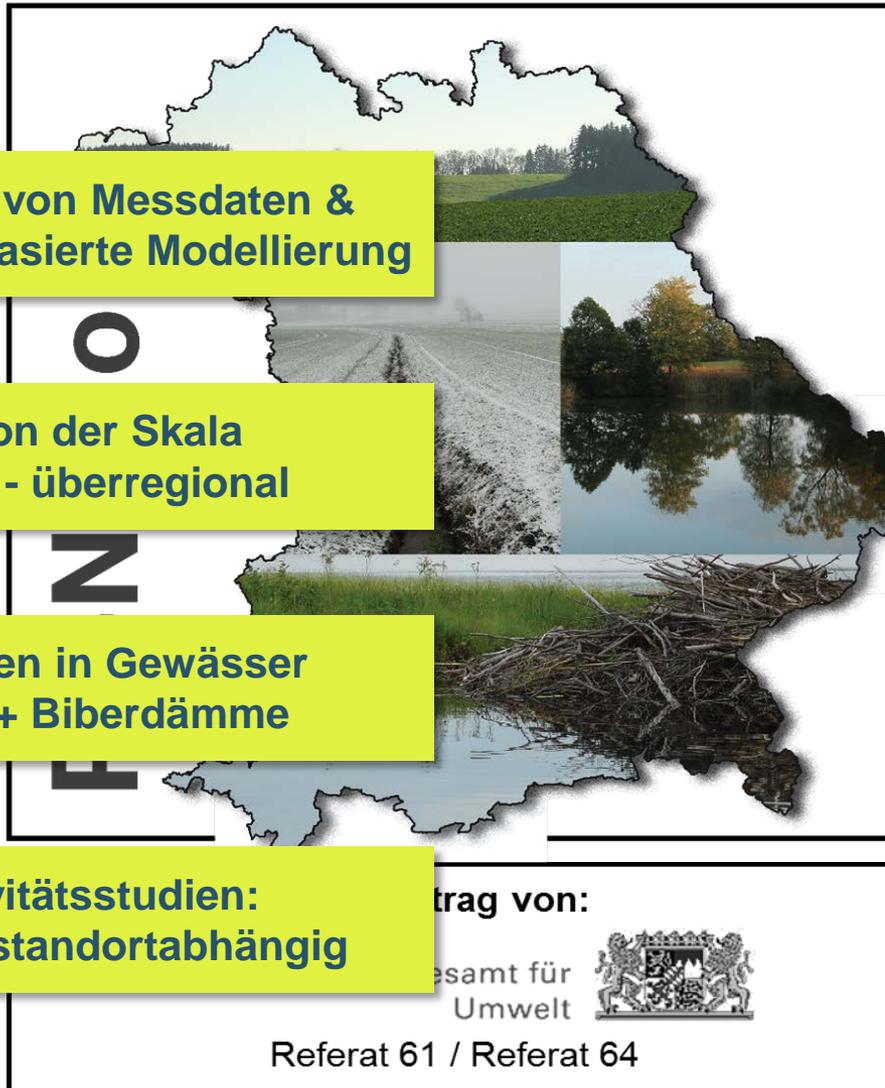


	Ohne Auwald	Mit Auwald
HQ <sub>10</sub> (a)	5,9	6,4
HQ <sub>100</sub> (a)	0,9	<b>5,0</b>
HQ <sub>50</sub> (k)	3,5	<b>11,1</b>
HQ <sub>60</sub> (k)	2,4	<b>11,0</b>

a = advektiv  
k = konvektiv

# Das Projekt ProNaHo

## Ziele



**Einbindung von Messdaten & Physikalisch basierte Modellierung**

**Variation der Skala  
Regional - überregional**

**Maßnahmen in Gewässer  
und Aue + Biberdämme**

**Sensitivitätsstudien:  
ereignis- & standortabhängig**

**Landnutzungs-/  
Bewirtschaftungs-  
änderungen:**

Boden,  
Ausgangsnutzung



**Renaturierungs-/  
Auengestaltungs-  
maßnahmen:**

Querprofile, Talform,  
Gefälle



**Dezentrale  
Kleinrückhaltebecken:**

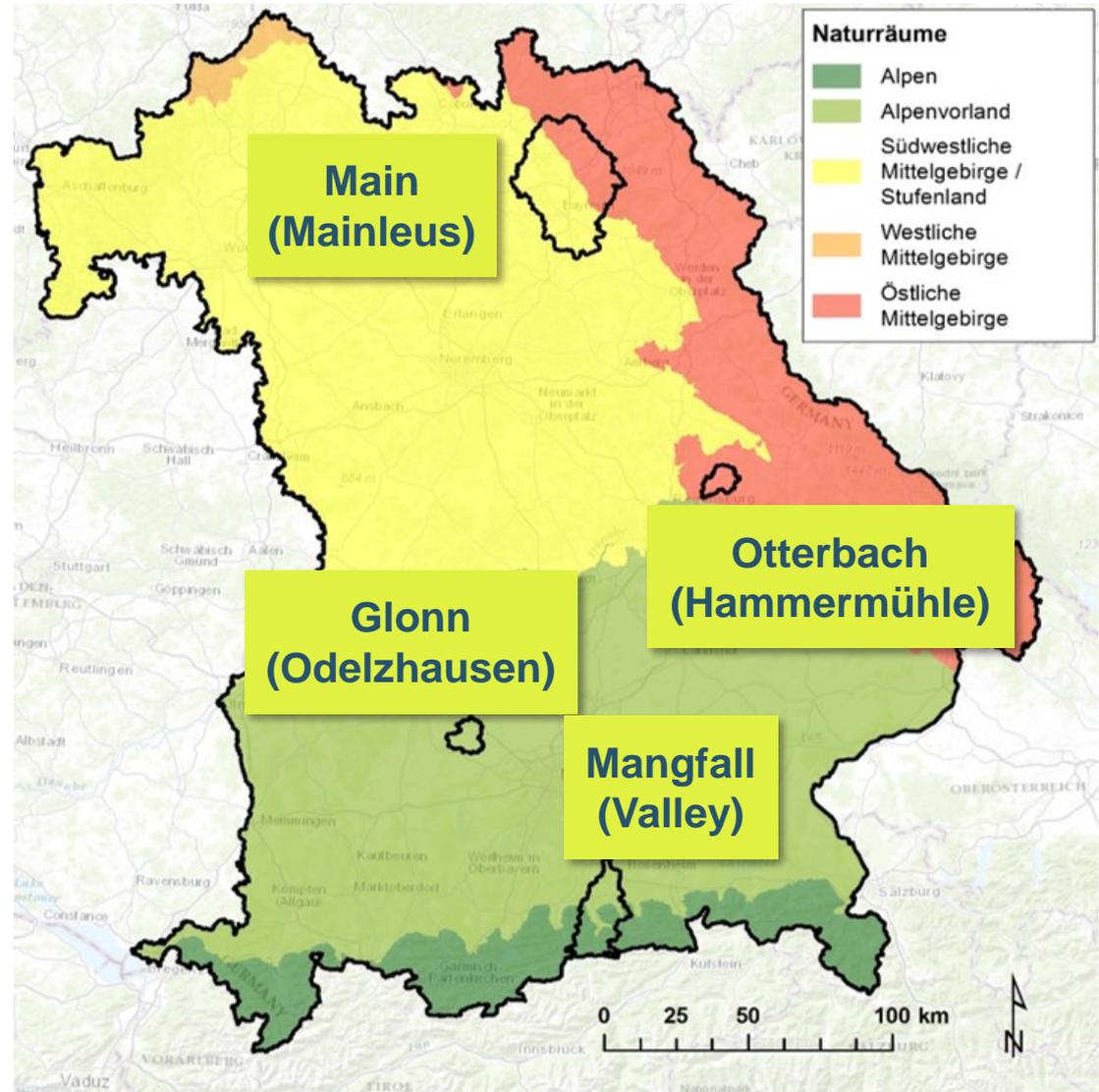
Beckenanordnung,  
Bemessungsziel,  
Spezifisches Volumen

## Methodik - Gebietswahl

Abbildung der Heterogenität Bayerns (Skalen, Naturräume & Modellierbarkeit)

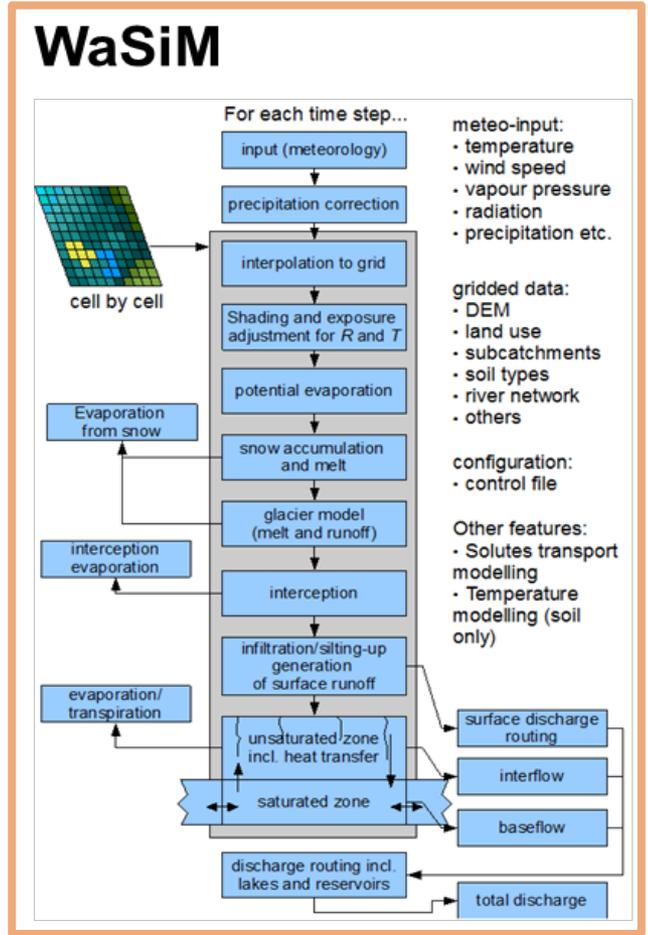
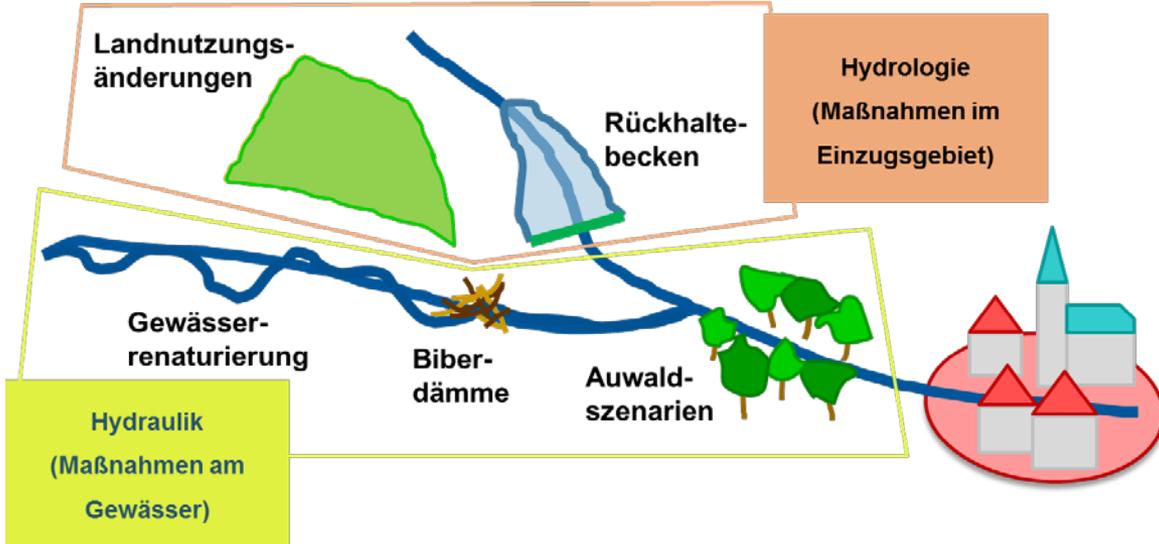
13 Kriterien (u.a.):

- Pegelverfügbarkeit
- Messzeitraum
- Lage in Bayern
- Gebietsgröße
- Modellierbarkeit
- Abdeckung der Naturräume in Bayern



# Das Projekt ProNaHo

## Methodik - Modellansatz



SCHULLA, 2013



**Gekoppelter Einsatz**

# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Maßnahmen – hydrologisch

### Aufforstung in der Fläche

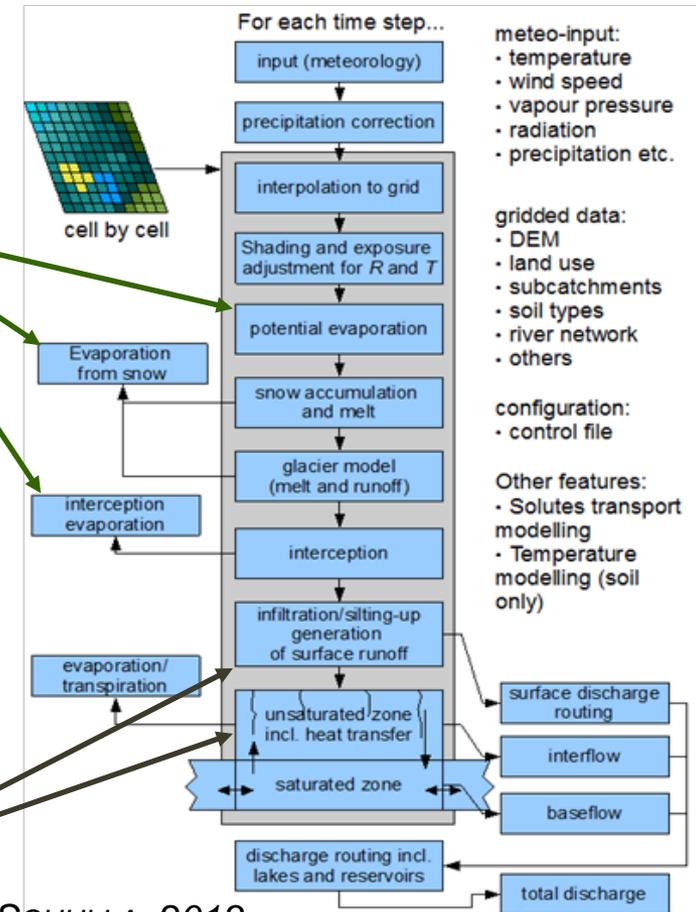
#### Parametrisierung der Landnutzung:

- Pflanzenhöhe
- Wurzeltiefe
- Blattflächenindex
- Bedeckungsgrad
- Stomatawiderstand

#### Parametrisierung des (Wald-)Bodens:

- Makroporen
- Organische Auflage
- Gesättigte Leitfähigkeit
- pF-Kurve (Porenraum, Speicherverhalten)

## WaSiM



SCHULLA, 2013

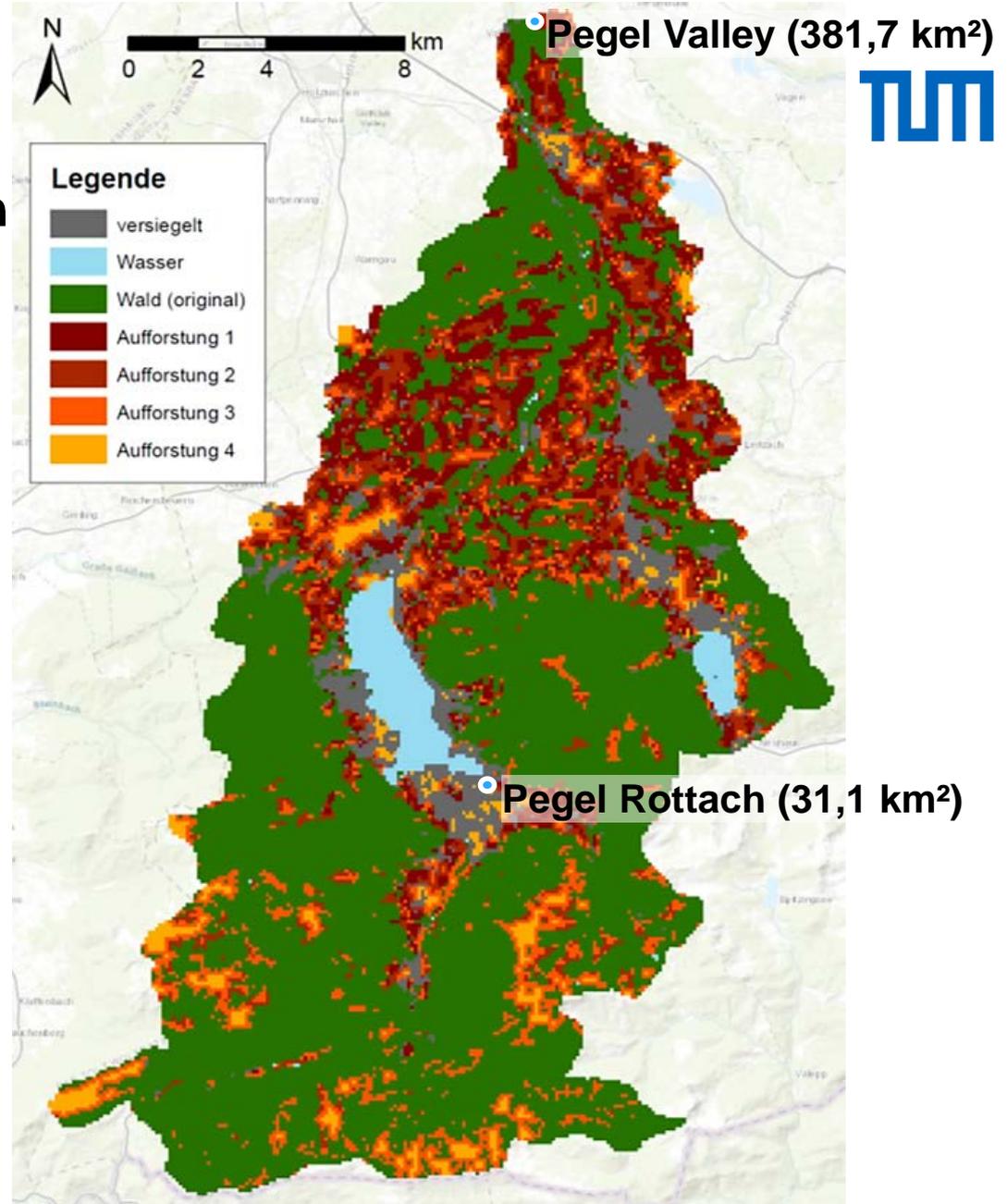
# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Aufforstung in der Fläche (Bsp. Mangfall)

### Maßnahmenumsetzung im Modell:

„Erhöhung der Waldfläche  
um **xx %** auf Flächen, die

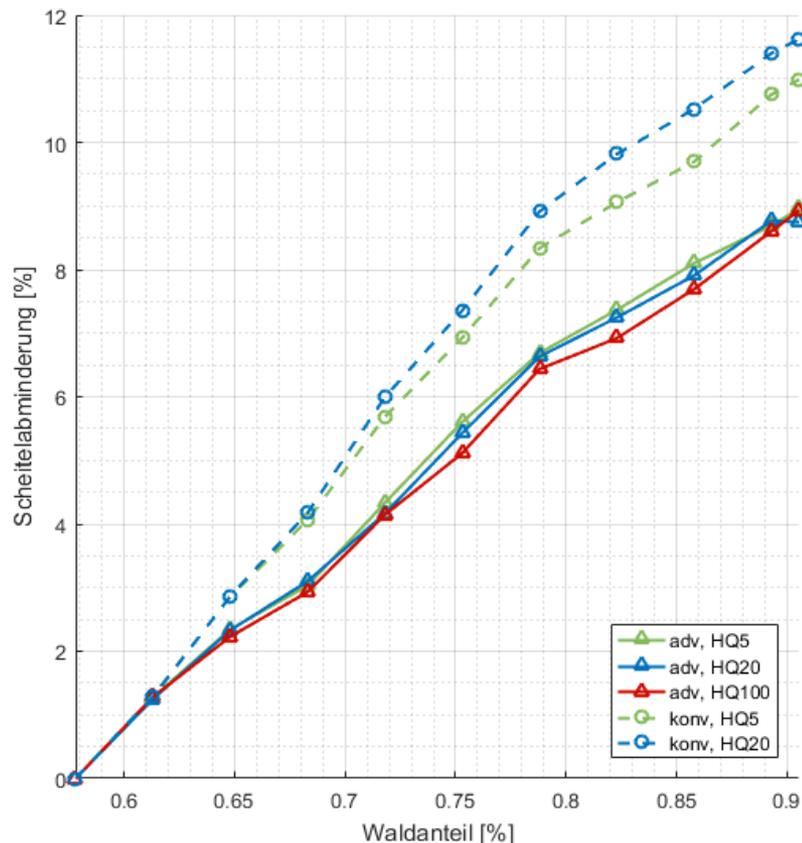
- an bisherige Waldflächen  
angrenzen,
- eine geringe Ertrags-  
erwartung aufweisen  
(bezogen auf  
Schätzungskarten).“



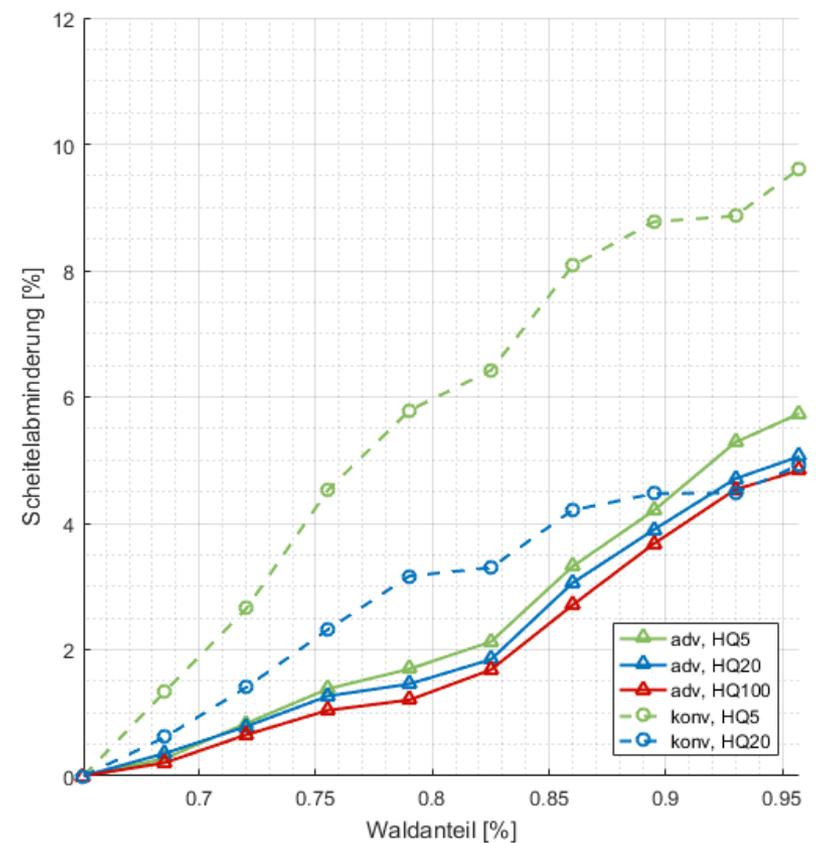
# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Maßnahmen – hydrologisch Aufforstung in der Fläche (Bsp. Mangfall)

Pegel Valley ( $A_{EZG} = 381,7 \text{ km}^2$ )

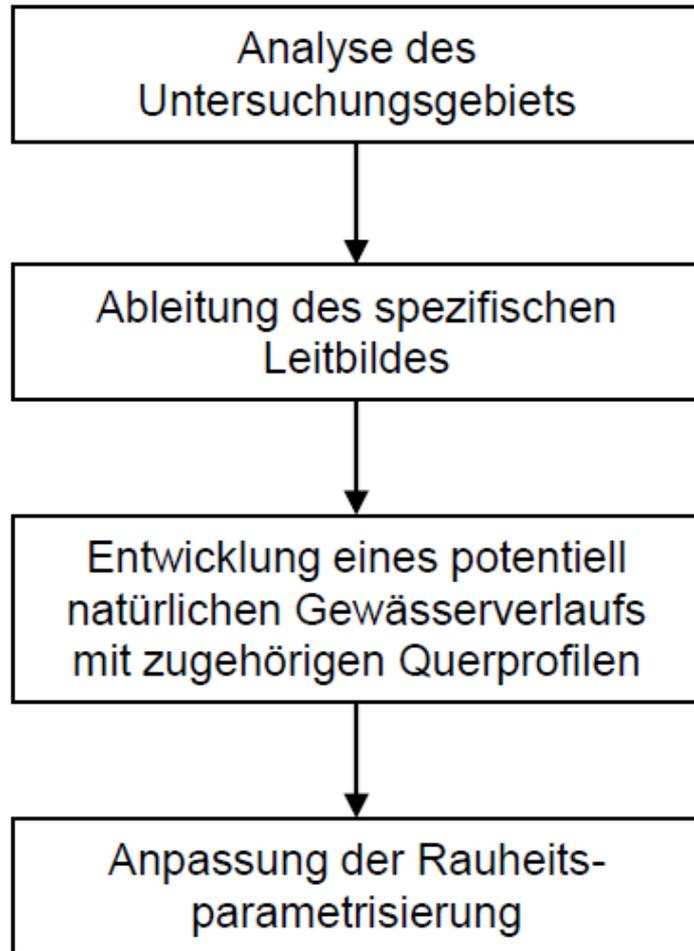


Pegel Rottach ( $A_{EZG} = 31,1 \text{ km}^2$ )



# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Maßnahmen - hydraulisch



### Typen der Alpen und des Alpenvorlandes – Subtyp 2.1: Bäche des Alpenvorlandes

#### Leitbild-Zustand

(Quelle: POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008 a-b)

„Fließgewässer des Alpenvorlandes“ (Bäche; Subtyp 2.1; kleine Flüsse, Subtyp 2.2) sind durch eine geschwungene bis mäandrierende Linienführung gekennzeichnet. Als vorherrschende Sohlensubstrate sind Schotter sowie je nach Einzugsgebiet Kiese mit unterschiedlich großen Sand- und Lehnteilen prägend. Hieraus ergeben sich häufig Schotter- und Kiesbänke mit Auelehmablagerungen und Niedermooreinschlüssen. Langsam fließende Streckenabschnitte wechseln mit schnellfließenden Übergängen.



#### Ist-Zustand

(Bild: U. KOENZEN)

Die gewundene bis mäandrierende Linienführung wurde im Rahmen von Ausbaumaßnahmen häufig in einen gewundenen und befestigten regelprofilierten Lauf überführt. Die Böschungen und auch das Gewässerumfeld werden regelmäßig gemäht. Gehölze finden sich vereinzelt. Es dominieren alte, mehrstämmige Erlen. Durch die vereinheitlichte Linienführung ergeben sich vergleichsweise uniforme Strömungsbilder mit einer eingeschränkten Variationsbreite der abgelagerten Korngrößen.



DWA-M 610 (2010)

# Das Projekt ProNaHo

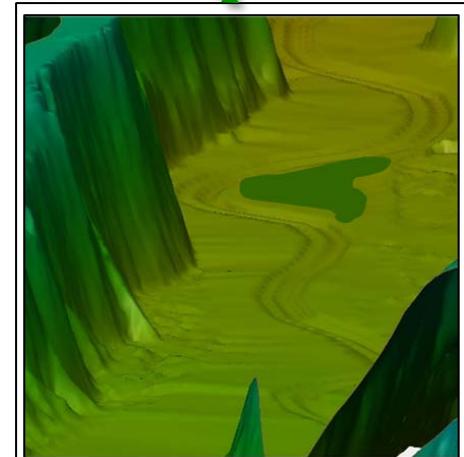
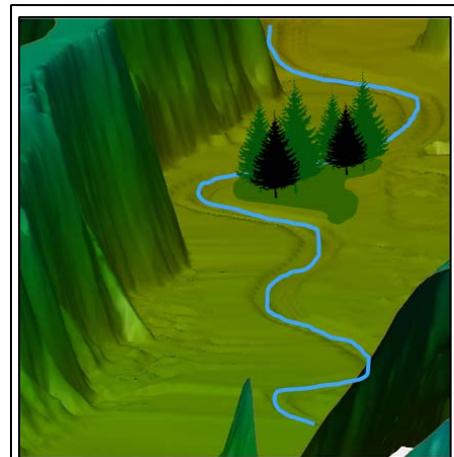
MATERIALTYP	Kst [ $m^{1/3}/s$ ]
Fließgewässer	26
Uferböschung	22
Stehendes Gewässer	30
Röhricht und Hochstauden	11
Stieleichen-Hainbuchenwald	10
Hainmieren-Schwarzerlen-Auwald	9
Wald	10
Unland, Vegetationslose Fläche	22

ch

LFU (2006)

Entwicklung eines potentiell natürlichen Gewässerverlaufs mit zugehörigen Querprofilen

Anpassung der Rauheitsparametrisierung



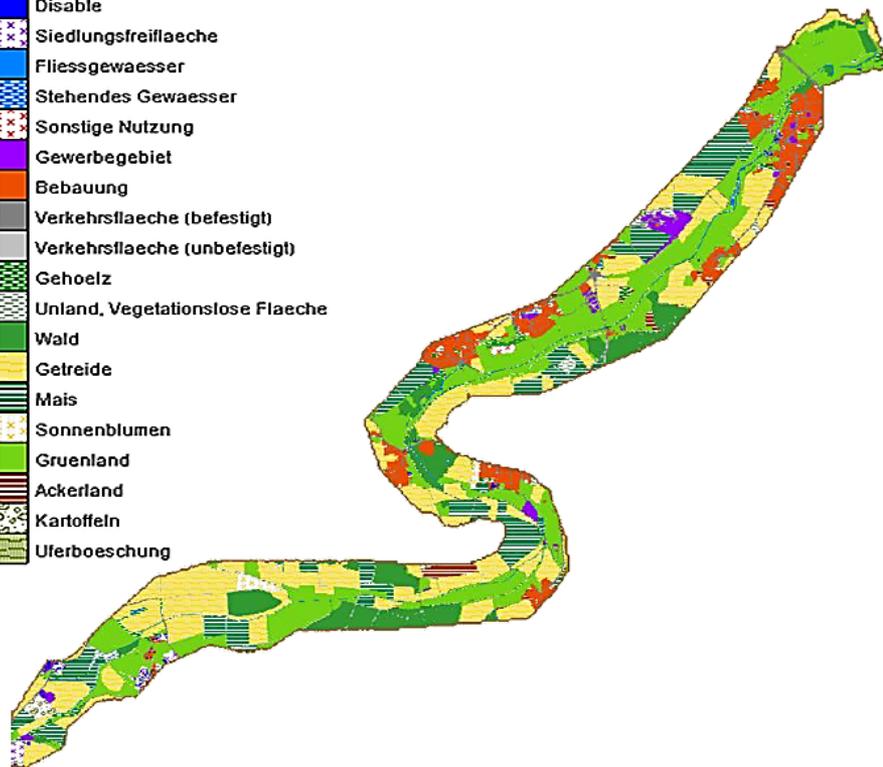
# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Maßnahmen - hydraulisch *Auwaldaufforstung (Bsp. Glonn)*

REFERENZMODELL

Materials Legend

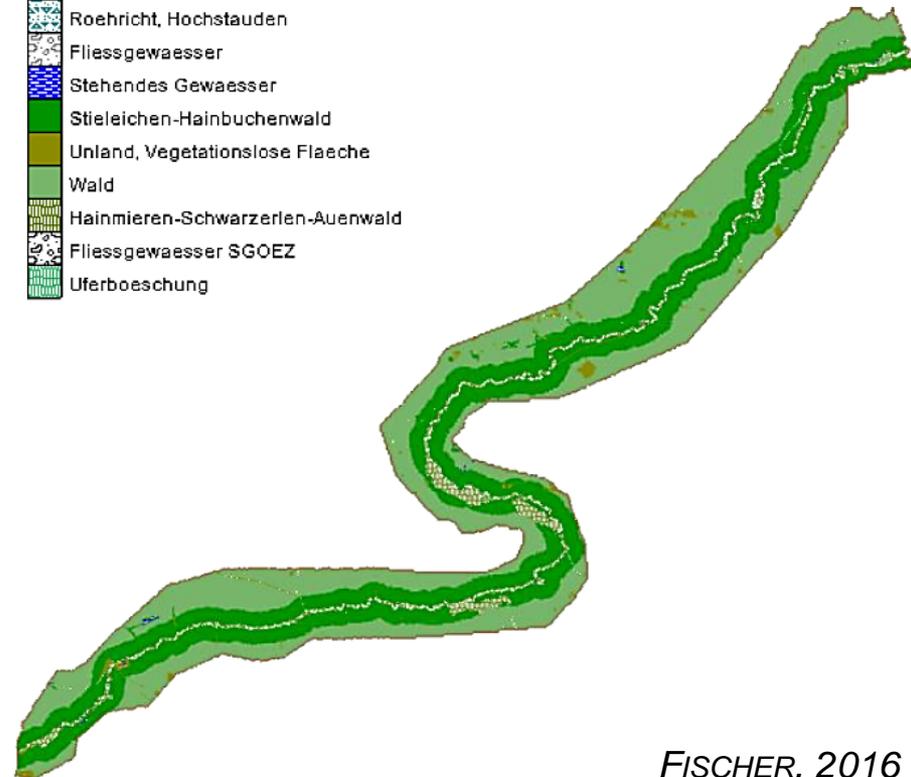
- Disable
- Siedlungsfreiflaeche
- Fließgewaesser
- Stehendes Gewaesser
- Sonstige Nutzung
- Gewerbegebiet
- Bebauung
- Verkehrsflaeche (befestigt)
- Verkehrsflaeche (unbefestigt)
- Gehoelz
- Unland, Vegetationslose Flaeche
- Wald
- Getreide
- Mais
- Sonnenblumen
- Gruenland
- Ackerland
- Kartoffeln
- Uferboeschung



LEITBILDMODELL

Materials Legend

- Roehricht, Hochstauden
- Fließgewaesser
- Stehendes Gewaesser
- Stieleichen-Hainbuchenwald
- Unland, Vegetationslose Flaeche
- Wald
- Hainmieren-Schwarzerlen-Auenwald
- Fließgewaesser SGOEZ
- Uferboeschung



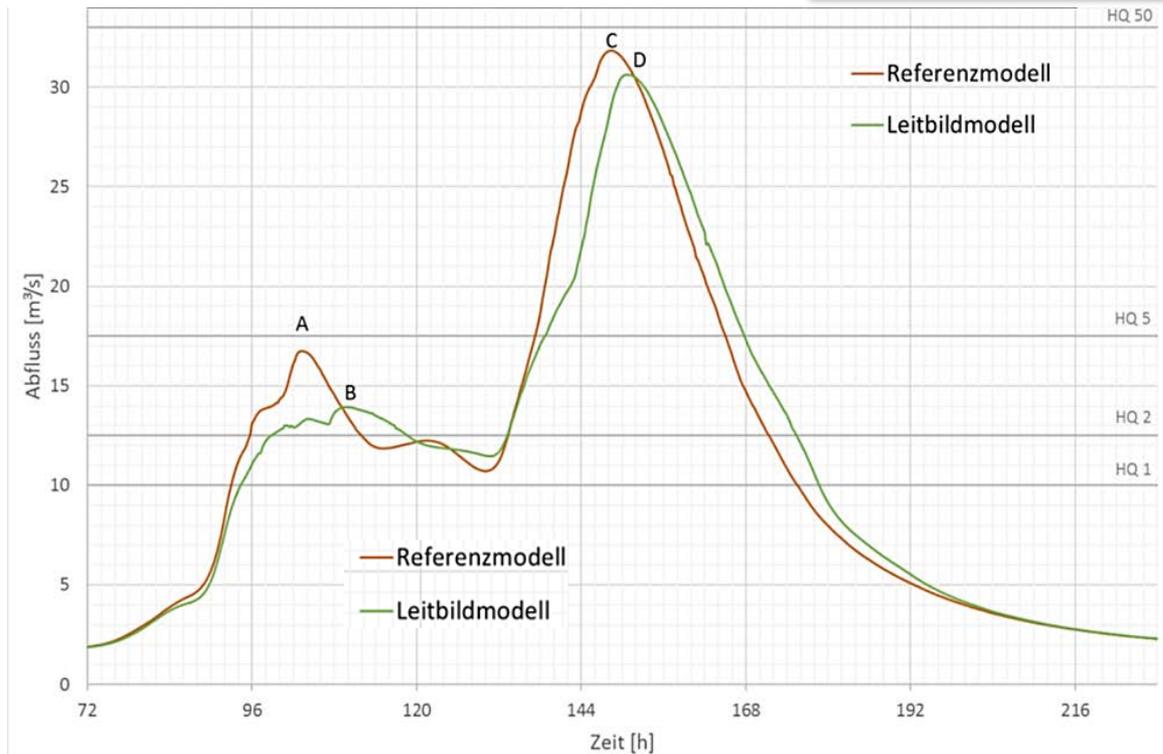
FISCHER, 2016

# Das Projekt ProNaHo

## Modellierung der forstlichen Maßnahmen - hydraulisch

### *Auwaldaufforstung* (Bsp. Glonn)

	REFERENZMODELL	LEITBILDMODELL
LAUFLÄNGE	13,6 km	15,9 km
MITTL. GEFÄLLE	1,5 ‰	1,3 ‰
WINDUNGSGRAD	1,05	1,3
GEWÄSSERBREITE	ca. 1,6 – 4,8 m	ca. 4,8 – 14,4 m
QUERPROFILTIEFE	ca. 2 – 3,5 m	ca. 1,5 – 3 m
MITTL. RAUHEITSBEIWERT $K_{ST}$	18,0 $m^{1/3}/s$	10,7 $m^{1/3}/s$



# Das Projekt ProNaHo

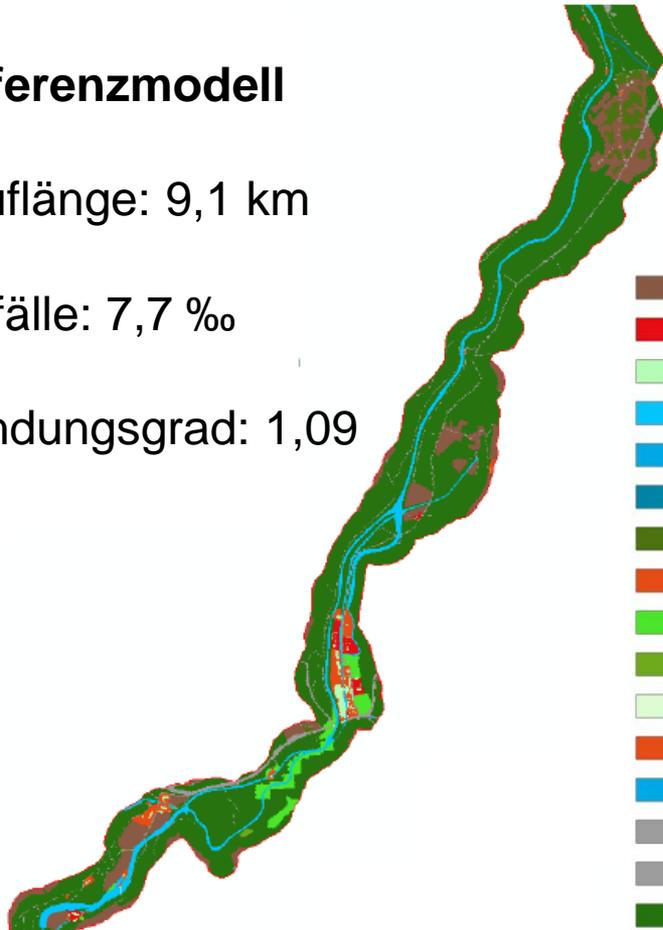
## Modellierung der forstlichen Maßnahmen - hydraulisch *Auwaldaufforstung (Bsp. Mangfall)*

### Referenzmodell

Lauflänge: 9,1 km

Gefälle: 7,7 ‰

Windungsgrad: 1,09

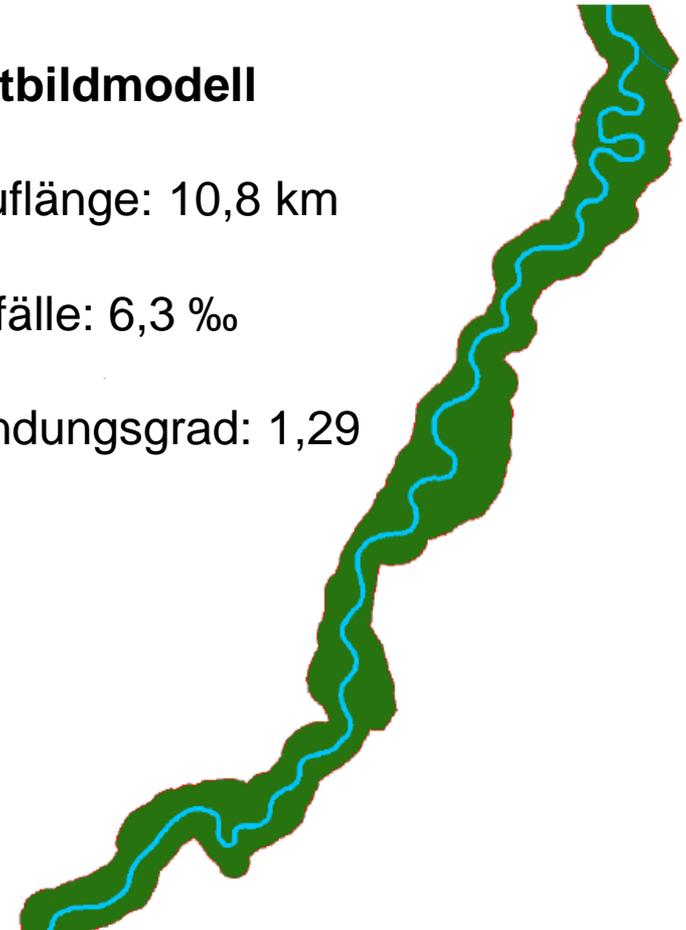


### Leitbildmodell

Lauflänge: 10,8 km

Gefälle: 6,3 ‰

Windungsgrad: 1,29

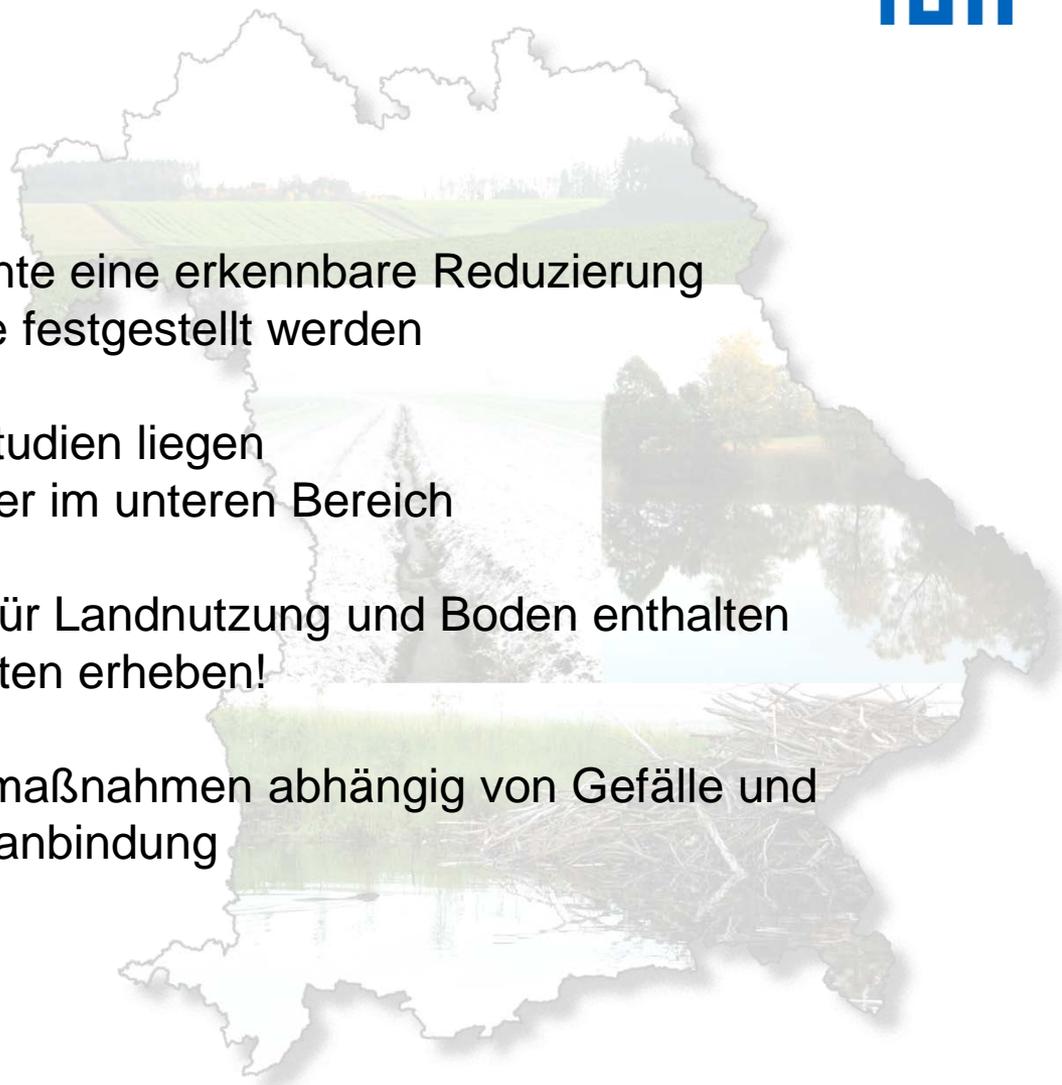


- Ackerland
- Bebauung
- Disable
- Fließgewässer
- Fluss1
- Fluss2
- Gehölz
- Gewerbegebiet
- Grünland
- HeideMoor
- None
- Sonstige\_Siedlungsflächen
- StehendesGewässer
- StrasseWeg
- Verkehrsflächen
- Wald



- ❖ Große Unsicherheiten bei bisherigen Untersuchungen zur Wirksamkeit von Aufforstungsmaßnahmen (vor allem bei Maßnahmen in der Fläche)
- ❖ Innerhalb von Windachstudie und ProNaHo konnten geeignete Modellierungsansätze zur Simulation der forstlichen Maßnahmen mit ihren Einflüssen auf den Niederschlag-Abfluss-Prozess entwickelt werden
- ❖ Ereignis- und gebietsabhängige Unterschiede hinsichtlich der Wirksamkeit von Aufforstungsmaßnahmen konnten festgestellt werden (auch in Abhängigkeit der verfügbaren Aufforstungsflächen)

- ❖ Bei den meisten Ereignissen konnte eine erkennbare Reduzierung auftretender Oberflächenabflüsse festgestellt werden
- ❖ Im Vergleich zu den bisherigen Studien liegen die ermittelten Wirksamkeiten eher im unteren Bereich
- ❖ Die anzunehmenden Parameter für Landnutzung und Boden enthalten große Unsicherheiten → Messdaten erheben!
- ❖ Wirksamkeit von Renaturierungsmaßnahmen abhängig von Gefälle und Fläche der (zusätzlichen) Auwaldanbindung

- 
- ❖ Bei den meisten Ereignissen konnte eine erkennbare Reduzierung auftretender Oberflächenabflüsse festgestellt werden
  - ❖ Im Vergleich zu den bisherigen Studien liegen die ermittelten Wirksamkeiten eher im unteren Bereich
  - ❖ Die anzunehmenden Parameter für Landnutzung und Boden enthalten große Unsicherheiten → Messdaten erheben!
  - ❖ Wirksamkeit von Renaturierungsmaßnahmen abhängig von Gefälle und Fläche der (zusätzlichen) Auwaldanbindung

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***