

# Untersuchung der Vegetationsentwicklung in einem aufgeweiteten Gerinne mit BASEMENT

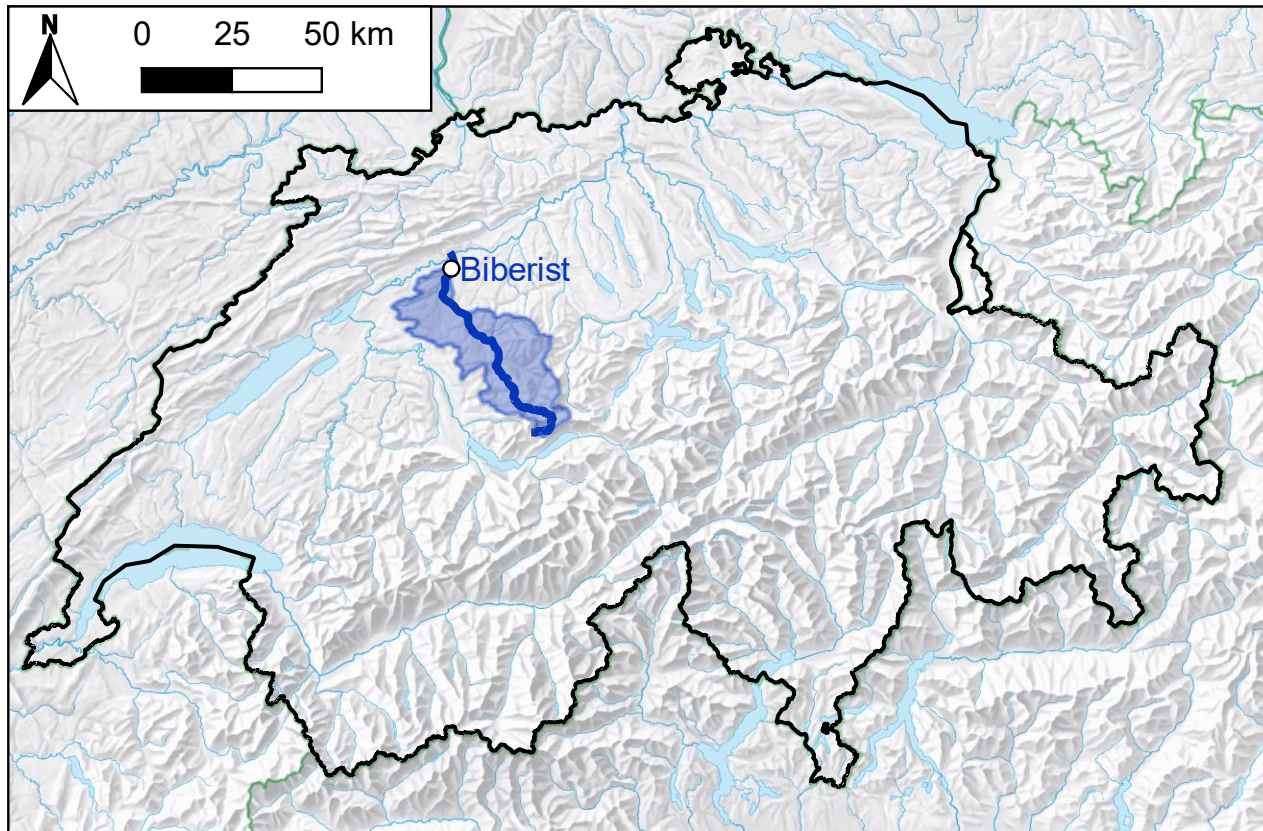


Abschlussarbeit des CAS: «Revitalisation des cours d'eau »  
**Andrea Irrniger**

BASEMENT-Anwendertreffen 2020

# Untersuchungsperimeter

## Motivation



*Karte der Schweiz*

# Situation an der Emme vor 2011

## Motivation



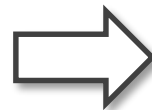
**Hochwasser 2007**  
8. August 2007, 665 m<sup>3</sup>/s, Quelle: HZP



**Sohlenbreite: 30 - 40 m,**  
14. März 2008, 19 m<sup>3</sup>/s, Quelle: HZP

**Hochwasserschutzdefizit**

**Ökologisches Defizit**



**Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt**

# Aktueller Zustand (Sommer 2019)

## Motivation



# Problematik Vegetation

## Fragestellung

### Offene Fragen:

- Wie stark hat sich die Vegetation ausgebreitet?
- Wie sieht die zukünftige Entwicklung der Vegetation aus?
- Ist die Hochwassersicherheit noch gewährleistet?

**Kann die an der Emme beobachtete Entwicklung mittels BASEMENT reproduziert werden?**

1

Entwicklung der Morphologie

2

Entwicklung der Vegetation

3

Effekt der Vegetation auf die Hochwasserspiegel



# Wie funktioniert das Vegetationsmodell in BASEMENT?

Auszug aus den Systemmanuals

# BASEveg

## Auszug aus den Systemmanuals

**Vegetation wird durch die dimensionslose Biomasse beschrieben.**

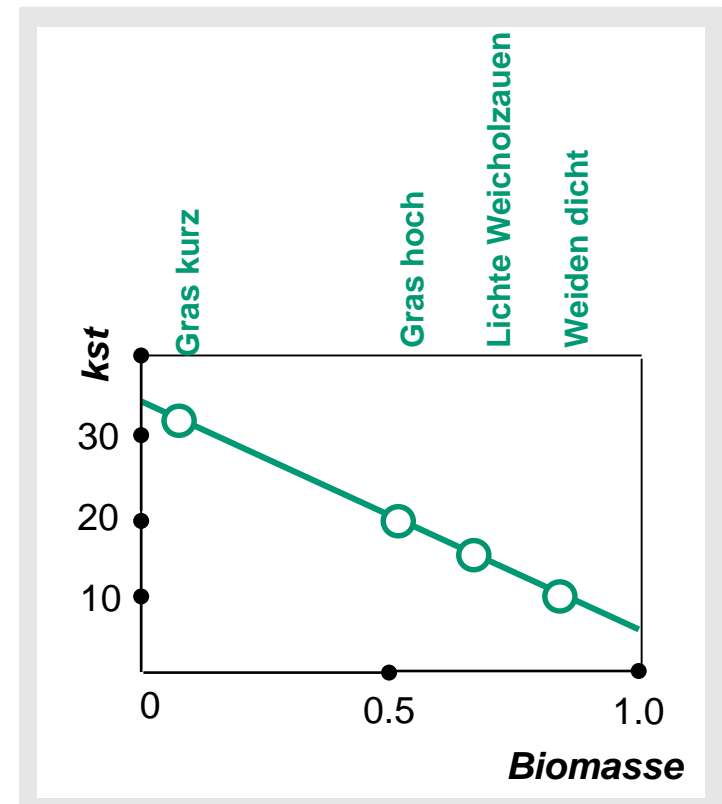
- Grösse / Dichte der Vegetation

**In Abhängigkeit der Biomasse**

- erhöht sich der Fließwiderstand.
- erhöht sich Erosionswiderstand.

**Vegetationseigenschaften,  
die das Wachstum bestimmen:**

- der optimale Abstand zum Grundwasserspiegel  $z_0$
- die Sensitivität in Bezug auf den optimalen Abstand zum Grundwasserspiegel  $\lambda_1, \lambda_2$  (Spezialisierung)
- die Wachstumsrate



**Schematische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Biomasse und Rauigkeit**

*Kst-Werte aus Habersack (2009), Schneider (2019)*

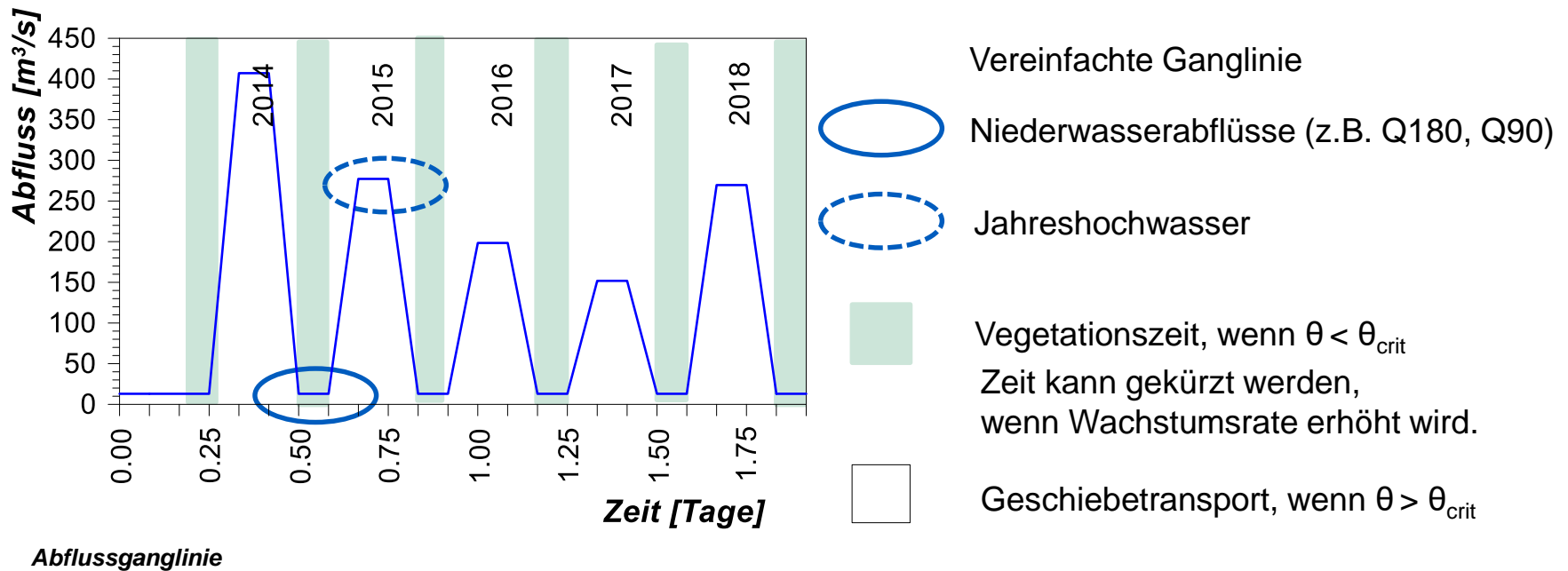
# BASEveg

## Auszug aus den Systemmanuals

### Hydraulische (morphologische) Faktoren:

- Trockene Flächen bei Niederwasser / Strukturierte Sohle
- Hydraulische Belastung bei Hochwasser

### Entkopplung Geschiebetransport und Vegetationswachstum







# Welchen Einfluss haben die verschiedenen Parameter?

## Sensitivitätsanalyse

# Modellaufbau

## Sensitivitätsanalyse

### Gerinnegeometrie:

- Querprofilvermessung von 2013
- Leicht strukturierte Sohle

### Hydraulik:

- Zulauftrand: Ganglinie
- Auslauftrand: PQ-Beziehung

### Sensitivitätsanalyse in Bezug auf:

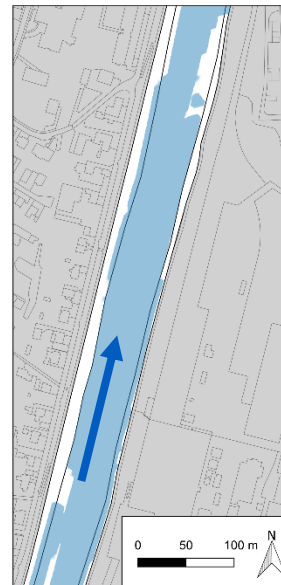
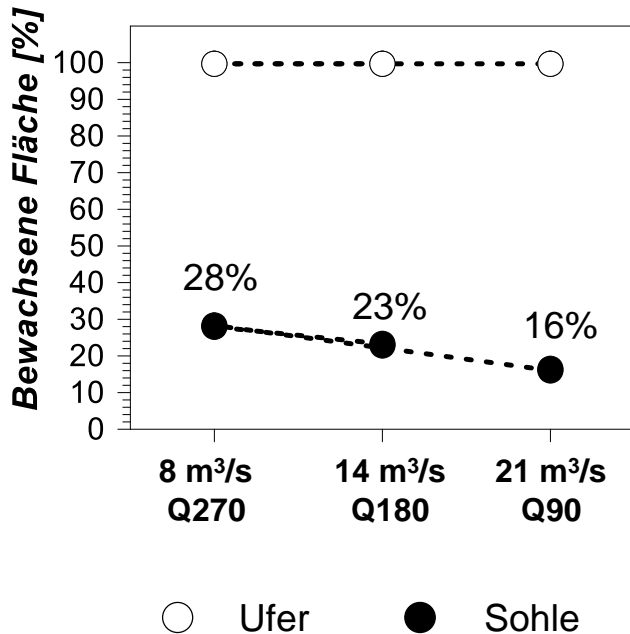
- Den Abfluss während der Vegetationszeit
- Den Spezialisierungsgrad der Vegetation

# Einfluss auf die bewachsene Fläche

## Sensitivitätsanalyse

Wie verändert sich die bewachsene Fläche in Funktion...

des Abflusses während der Vegetationszeit



8 m³/s  
Q270



14 m³/s  
Q180



21 m³/s  
Q90

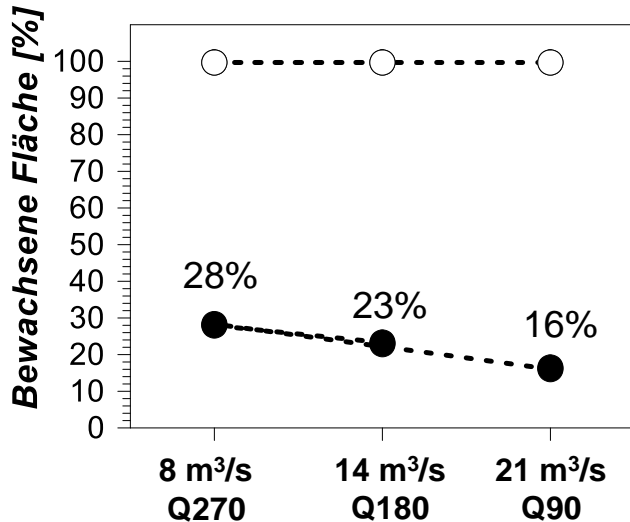
■ Benetzte Fläche

# Einfluss auf die bewachsene Fläche

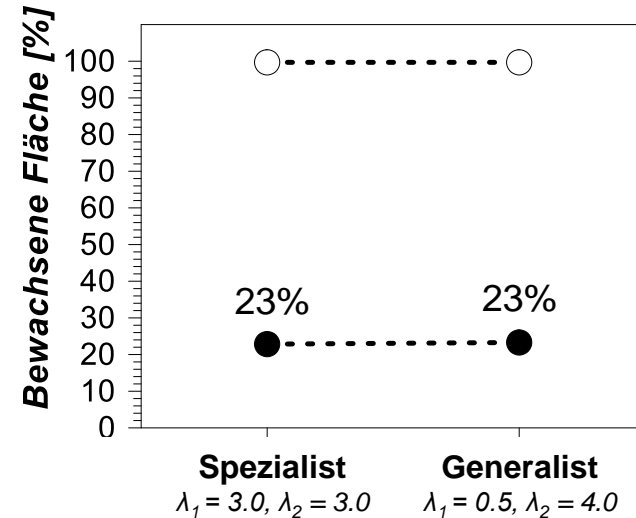
## Sensitivitätsanalyse

Wie verändert sich die bewachsene Fläche in Funktion...

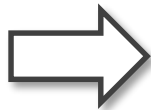
des Abflusses während der Vegetationszeit



des Spezialisierungsgrads (Q180)



○ Ufer      ● Sohle



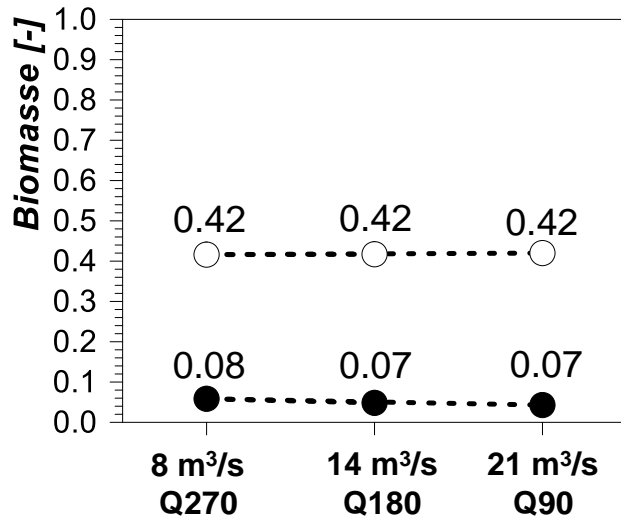
Die räumliche Verteilung wird durch den Abfluss während der Vegetationszeit definiert.

# Einfluss auf die Entwicklung der Biomasse

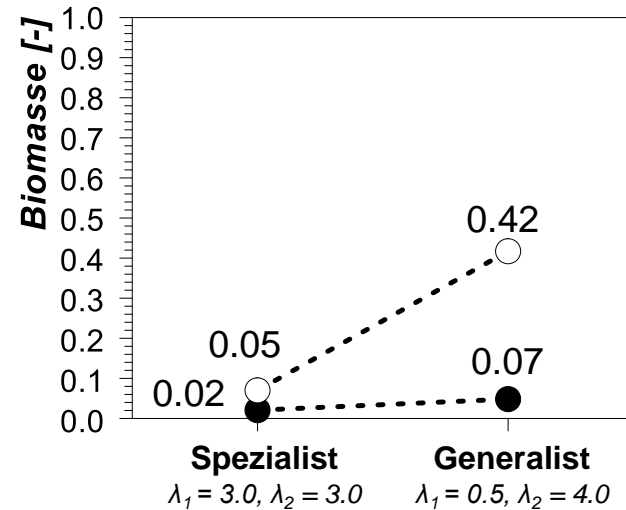
## Sensitivitätsanalyse

Wie verändert sich die Biomasse in Funktion...

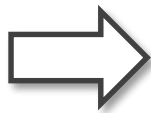
des Abflusses während der Vegetationszeit



Spezialisierungsgrad



○ Ufer ● Sohle



Das Wachstum der Biomasse wird durch den Spezialisierungsgrad der Vegetation definiert.

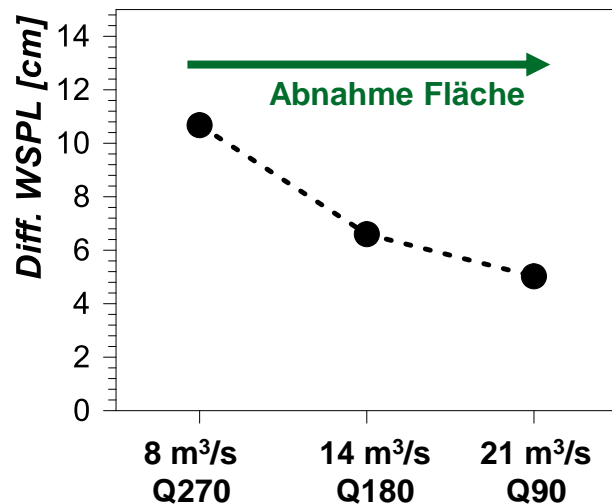
# Einfluss auf die Hochwasserspiegel

## Sensitivitätsanalyse

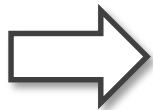
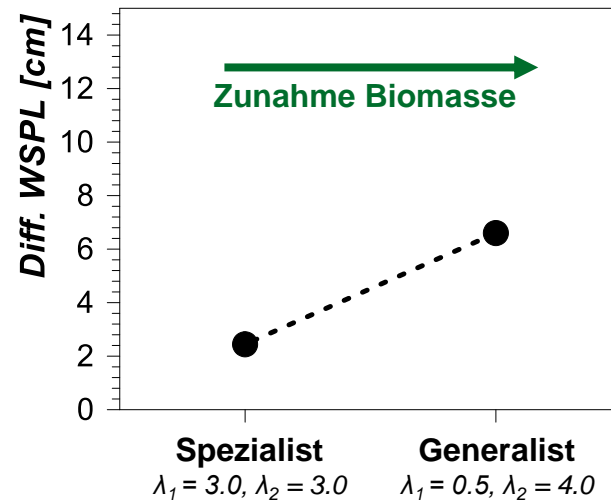
Wie ändern sich die Hochwasserspiegel (HQ30) in Abhängigkeit der Parameter des Vegetationsmodells?

(Referenz ohne Vegetation:  $k_{st} 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ )

Abfluss während der Vegetationszeit  
(Generalist)



Spezialisierungsgrad  
(Q180)



Die Parameterwahl beeinflusst den Effekt der Vegetation auf die Hochwasserspiegel stark.



# Kann die Beobachtung reproduziert werden?

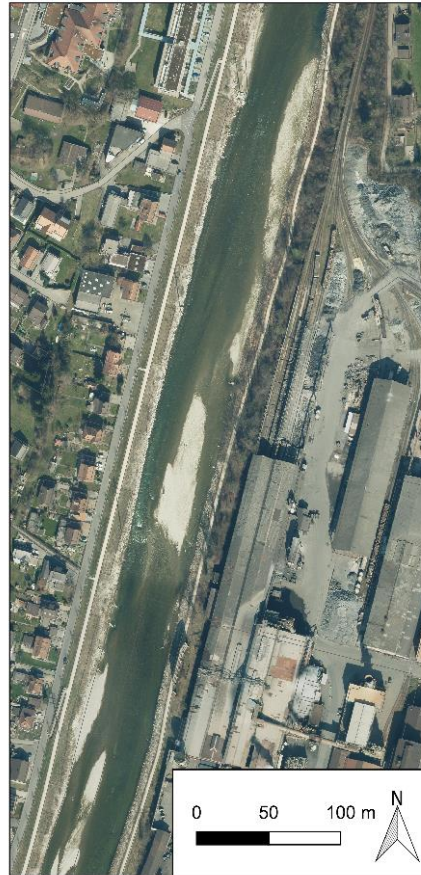
Analyse der Modellgüte

# Aufnahme Entwicklung IST

## Analyse der Modellgüte



**2014, Orthofoto**  
(Quelle: sogis.ch)



**2016, Orthofoto**  
(Quelle: sogis.ch)



**2019, Drohnenaufnahme**  
vom 28.02.2019



# Kartierte Flächen der beobachteten Entwicklung

## Analyse der Modellgüte



2014

0 %



2016

3 %



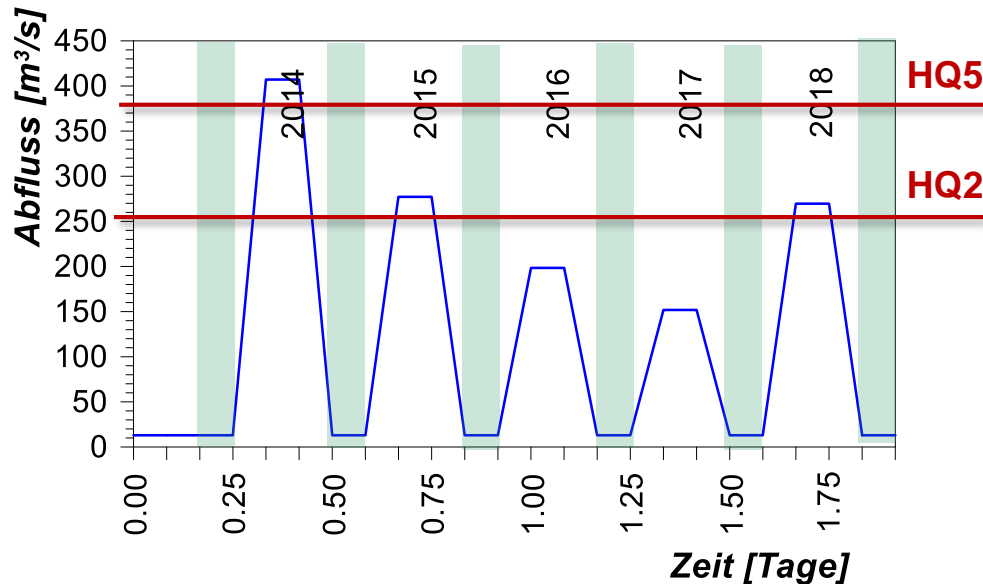
2019

7 %

# Parameterwahl

## Analyse der Modellgüte

### Abflussganglinie



Abflussganglinie



Vegetationszeit

Parameter:

**Abfluss während Vegetationszeit:**

Q90: 21  $\text{m}^3/\text{s}$

**Spezialisierung:**

$\lambda_1 = 0.5$ ,  $\lambda_2 = 4.0$  «Generalist»

**Wachstumsrate:**

$2.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  gross

**Rauigkeit:**

$k_{\text{st}}: 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  für B=0

$k_{\text{st}}: 12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  für B=1

**Erosionswiderstand:**

$\theta_{\text{crit}}: 0.047$  für B=0

$\theta_{\text{crit}}: 0.210$  für B=1

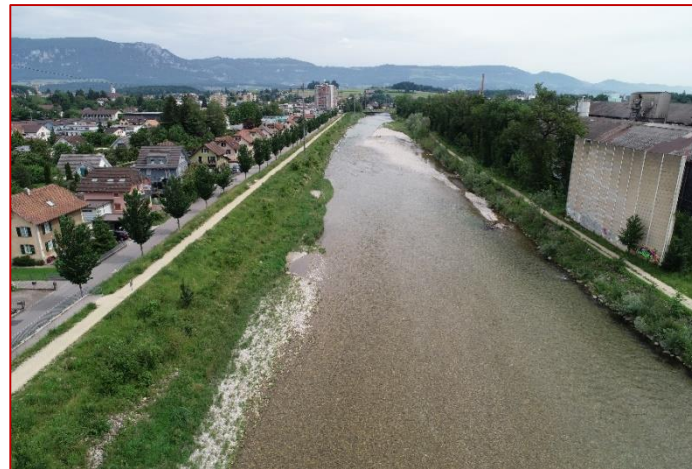
# Vergleich Simulation mit Beobachtung

## Analyse der Modellgüte



**Simulationsergebnis,**  
*vereinfachte Ganglinie*

**16 %**



**Beobachtung, 2019**

**7 %**



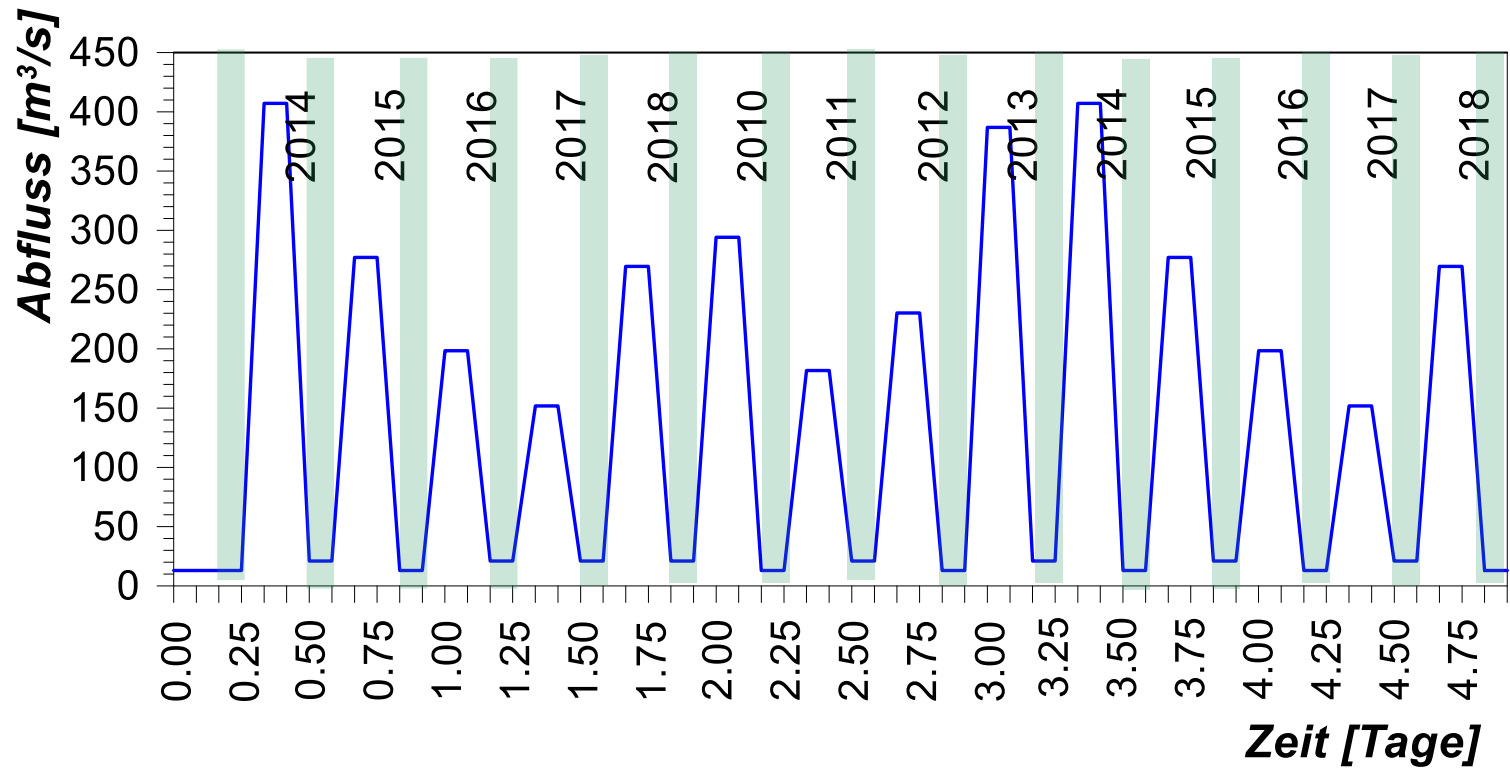
# Wie wird sich die Vegetation gemäss Modell weiterentwickeln?

Prognose gemäss BASEveg

# Parameterwahl

Prognose gemäss BASEveg

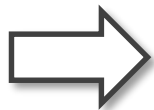
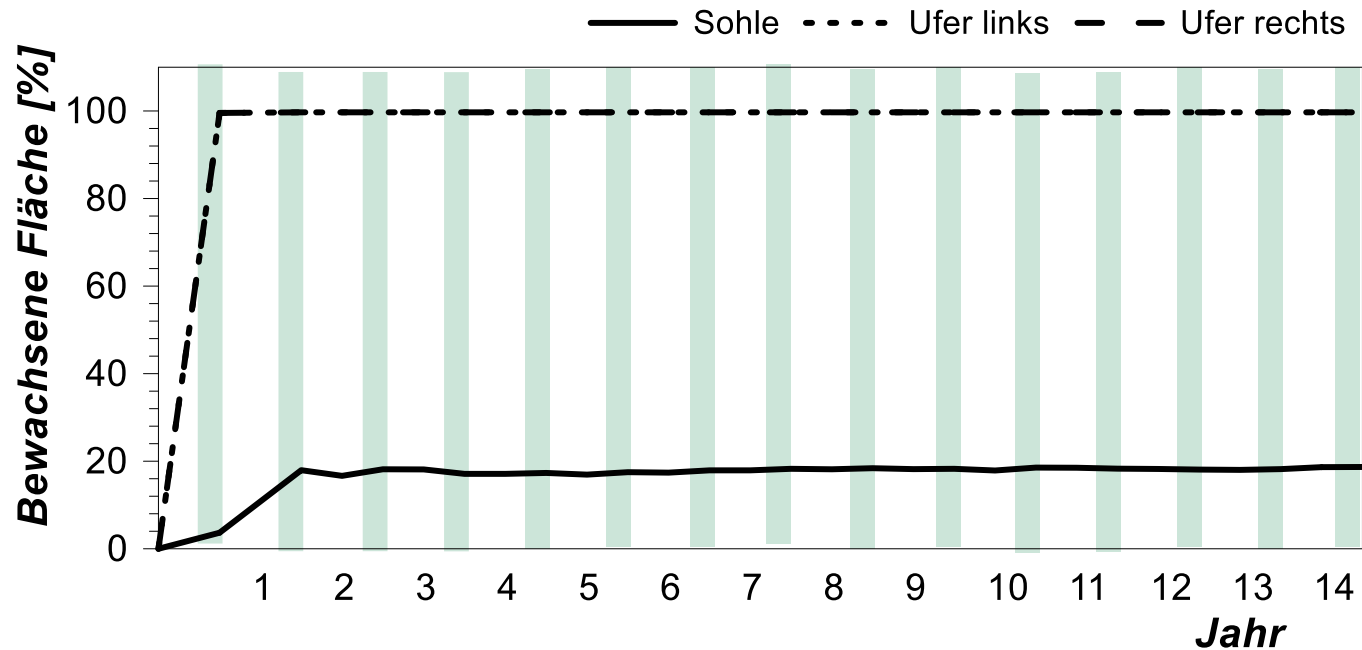
Ganglinie über 14 Jahre



Abflussganglinie

# Wie entwickelt sich die bewachsene Fläche?

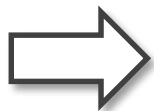
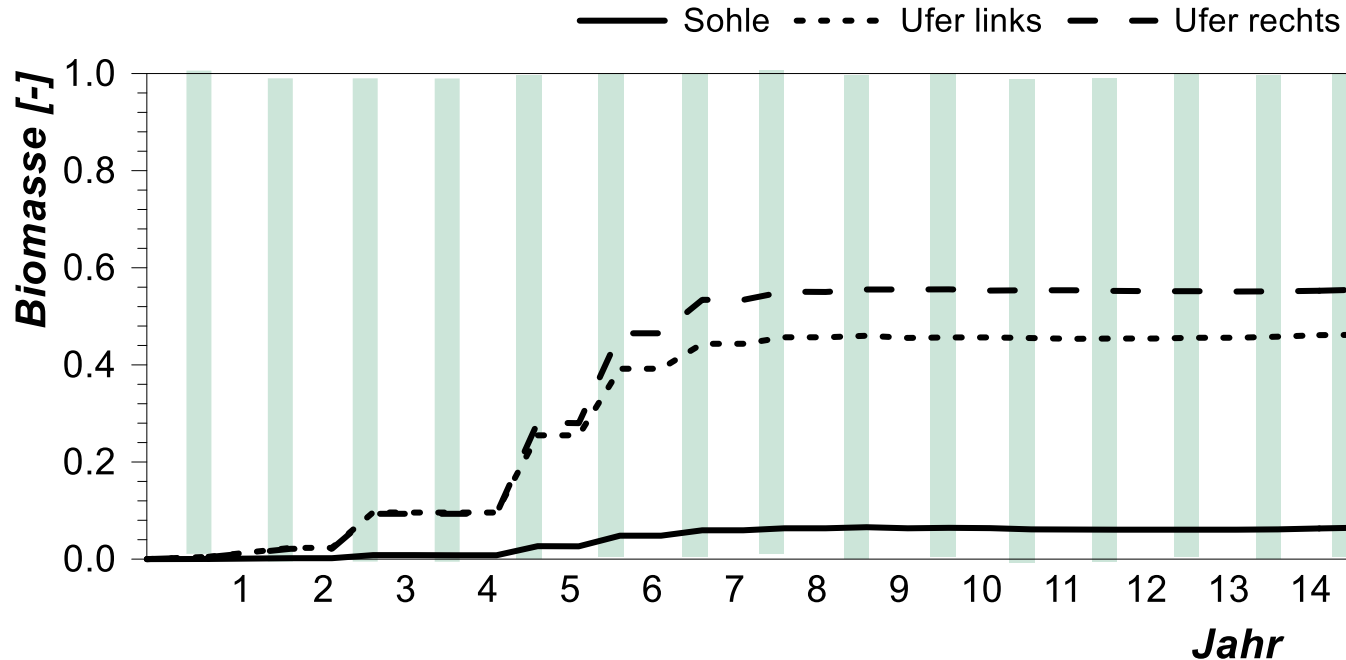
Prognose gemäss BASEveg



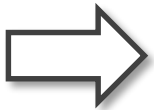
Die räumliche Verteilung ändert sich nach zwei Jahren nicht mehr.

# Wie entwickelt sich die Biomasse?

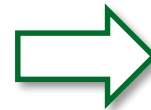
Prognose gemäss BASEveg



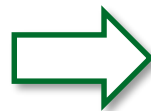
Nach 8 Jahren bleibt die Biomasse stabil.



B=1.0 wird nicht erreicht.



Wachstumsrate zu hoch?  
Hochwasser zu klein?  
Erosionswiderstand zu hoch?



Randbedingungen nicht optimal?



## **Welchen Einfluss hat die Vegetation auf die Hochwasserspiegel?**

Auswirkung der Vegetation auf die Hochwasserspiegel

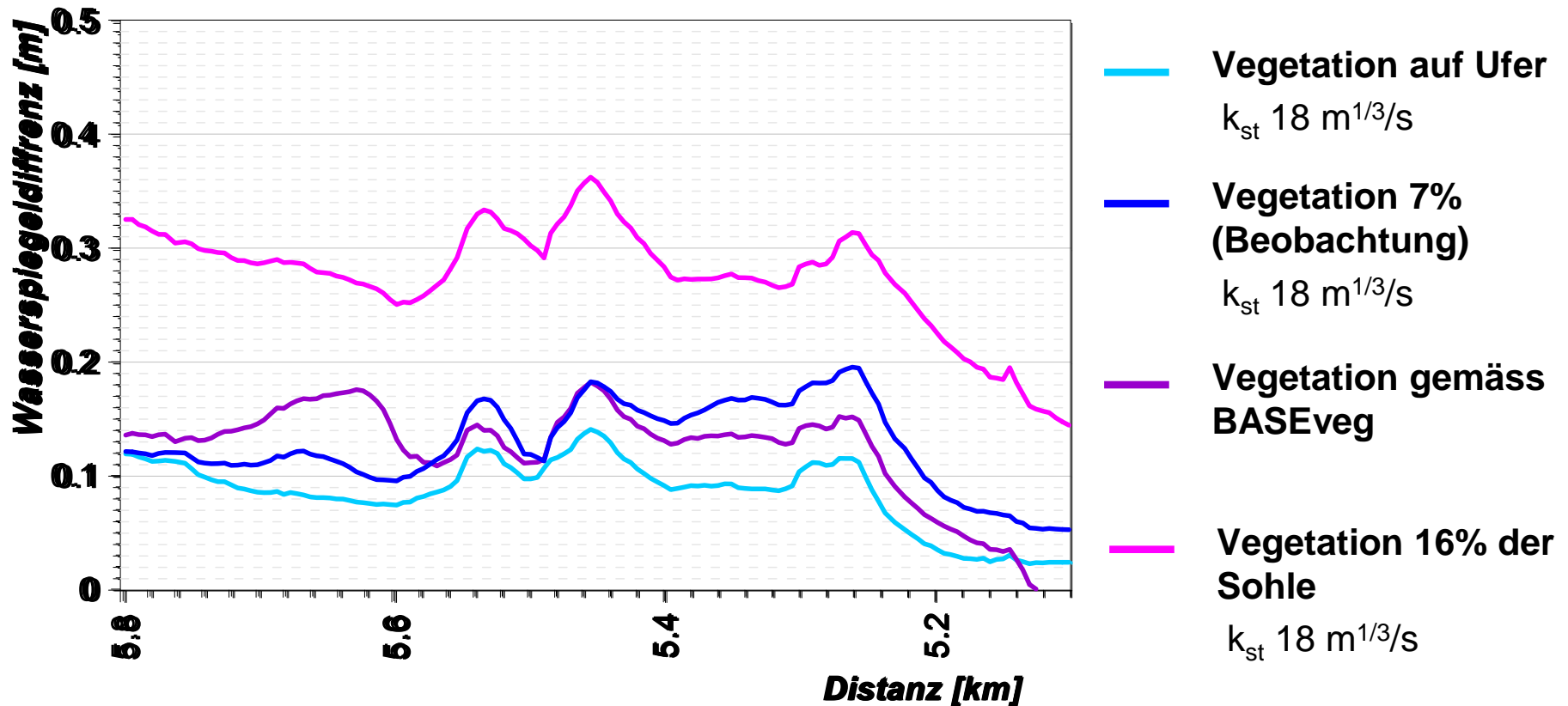


# Wie verändern sich die Hochwasserspiegel?

## Auswirkung der Vegetation auf die Hochwasserspiegel

### Wasserspiegelveränderungen infolge von Vegetation

(Referenz ohne Vegetation:  $k_{st} 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ )





**Fazit**

**Ausblick**

# Schlussfolgerung

## Fazit

### Modellierung der Vegetation

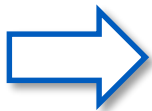
Die Entwicklung der Vegetation konnte reproduziert werden.

- **Schwierigkeiten:**

- Vielzahl der Parameter, die gewählt werden müssen.  
(optimaler Abstand zum GW-Spiegel, Rauigkeit, Erosionswiderstand ...)
- Auswertung bewachsene Fläche (mit  $B > 0.001$  wird die Vegetation überschätzt)
- Biomasse kann nicht «kalibriert» werden.

### Effekt der Vegetation auf die Wasserspiegel

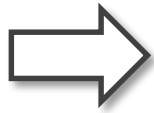
Die Resultate sind mit den bisherigen Ansätzen vergleichbar / plausibel.



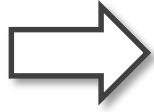
Die Vegetation auf der Sohle kann für die Hochwassersicherheit relevant werden.  
Die Vegetation muss bei der Dimensionierung berücksichtigt werden.

# Schlussfolgerung

## Ausblick



Es wäre spannend zu untersuchen, ob dieses Parameterset auf andere Gewässer übertragen werden kann.



Detailliertere Sensitivitätsanalyse ist erforderlich, um die Aussagekraft der Simulationsresultate besser einordnen zu können.





**Vielen Dank**

**für die Aufmerksamkeit!**

# Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt

## Motivation

- Realisierung: 2011-2012
- Verbreiterung der Sohle auf 40 – 50 m
- Flachere Böschung [1:2]
- Rückbau / Anpassung der Schwellen
- Erhöhung der Dämme um 0.4-0.5 m



**Neubau der Dämme**

3. März 2011, Quelle: HZP

# Modellaufbau

## Spezifikation Modell

### Gerinnegeometrie:

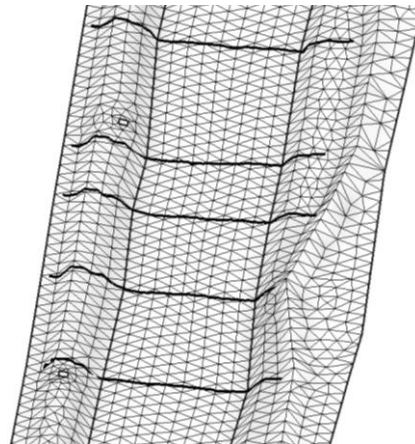
Vermessung von 2013



*Strukturen in der Sohle 2013*

### Netz:

Dreieckselemente



*Berechnungsnetz*

### Hydraulik

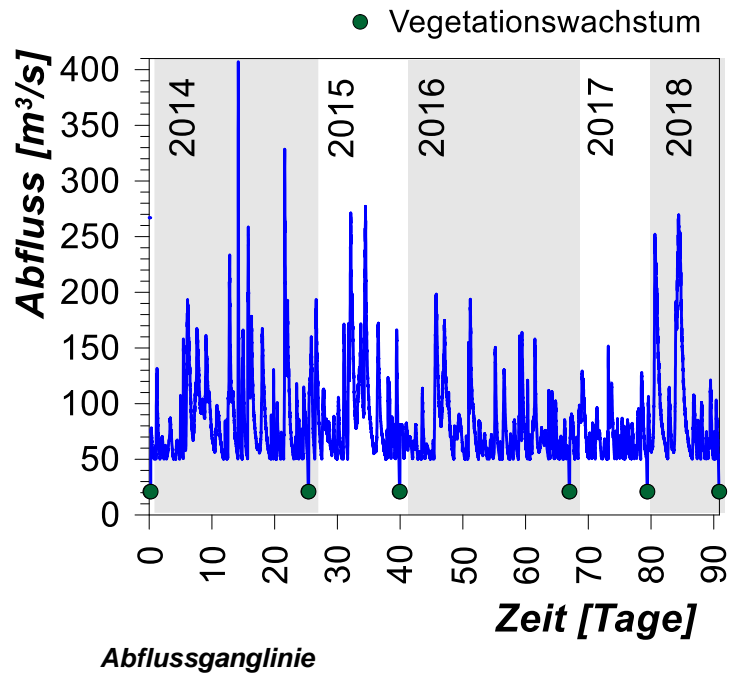
- Zulauftrand: Ganglinie
- Auslauftrand: PQ-Beziehung

### Geschiebetransport:

- Einkornmodell (dm: 2.8 cm)
- Bewegliche Sohle
- Fixierte Böschung
- Lateraler Transport: on
- Zulauftrand: Transportkapazität (0.625)

# Einfluss der Morphologie

## Analyse der Modellgüte



Berechnete Sohldifferenzen



Orthofoto, 2019



Berechnete Sohldifferenzen [m]



# Einfluss der Morphologie

## Analyse der Modellgüte



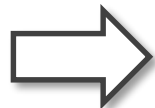
**Simulationsresultat,**  
vereinfachte Ganglinie  
16% der Sohle bewachsen



**Simulationsresultat,**  
mit Modellierung Morphologie  
28 % der Sohle bewachsen



**Beobachtung, 2019**  
7% der Sohle bewachsen



Die Strukturen in der Sohle beeinflussen Ausdehnung und Standort der Vegetation.

# Literaturwerte

## Referenzen

**Habersack (2009):** Zusammenstellung von kst-Rauheitsbeiwerten, BOKU Wien.

**Schneider, S. (2010):** Widerstandsverhalten von holziger Auenvegetation, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

# Literaturwerte

## Rauigkeit der Vegetation

Tabelle 4: Zusammenstellung von  $k_{st}$ -Werte für Strauch- und Weichholzaunenbestände [aus: Schneider 2010]

	Hecken, Sträucher, dichtes Unterholz, (z.B. als Austrieb von Faschinenwalzen) $k_{st}$ [ $m^{1/3}/s$ ]	Weichholzaunen (Sommer, belaubt) $k_{st}$ [ $m^{1/3}/s$ ]	Weichholzaunen (Winter, unbelaubt) $k_{st}$ [ $m^{1/3}/s$ ]	
dicht	4-7	7-10	13-15	durchströmt
	8 +	11 +	16 +	überströmt
Übergang	8-10	11-13	16-19	durchströmt
	11+	14 +	20 +	überströmt
licht	10-13	14-16	20-25	durchströmt
	14 +	16 +	26 +	überströmt

Schneider, S. (2010): Widerstandsverhalten von holziger Auenvvegetation, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

# Literaturwerte

## Rauigkeit der Vegetation

Tabelle 3: Auszug der  $k_{sr}$ -Wertetabelle für Vorländer nach [Habersack 2009]

Vorländer	Min.	Norm	Max.
<b>a. Wiese</b>			
kurzes Gras	25	30	35
hohes Gras	12	20	30
<b>b. landwirtschaftlich genutzte Flächen</b>			
Kleine Feldfrucht	20	33	50
Reifes Getreide (Reihensaat)	15	20	40
Reifes Getreide (flächig)	12	18	33
Mais	4 (1) <sup>4</sup>	6 (3-5)	8
<b>c. Gebüsch</b>			
Vereinzelt, starke Krautschicht	14	20	29
Gebüsch geringer Dichte (im Winter)	10	15	25
Gebüsch geringer Dichte (im Sommer)	8	12	20
Gebüsch mittlere bis hohe Dichte (im Winter)	6	10	13
Gebüsch mittlere bis hohe Dichte (im Sommer)	4	8	14
<b>d. Bäume</b>			
Kahlschlag	20	25	33
Kahlschlag mit starkem Wurzelaustrieb	13	17	20
dichter Wald, wenig umgestürzte Bäume	8	10	13
dichter Wald, Abfluss bis in Asthöhe	5	8	10
dichte Weiden (im Sommer)	5	7	9

Habersack (2009): Zusammenstellung von  $k_{st}$ -Rauheitsbeiwerten, BOKU Wien.