

# Funktionsweise des LARSIM-Gletschermoduls und Ergebnisse für das Drau-Einzugsgebiet

Ingo Haag, Dirk Aigner  
HYDRON GmbH, Karlsruhe

Georg Raffeiner  
Amt der Tiroler Landesregierung, HD Tirol

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop 2018  
14. März 2018

Auftraggeber:

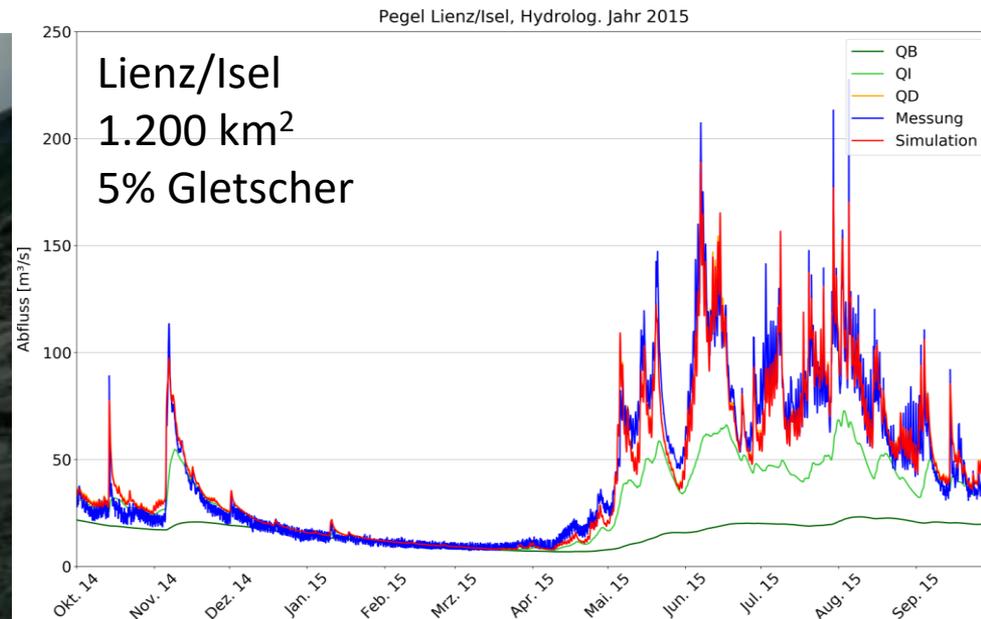
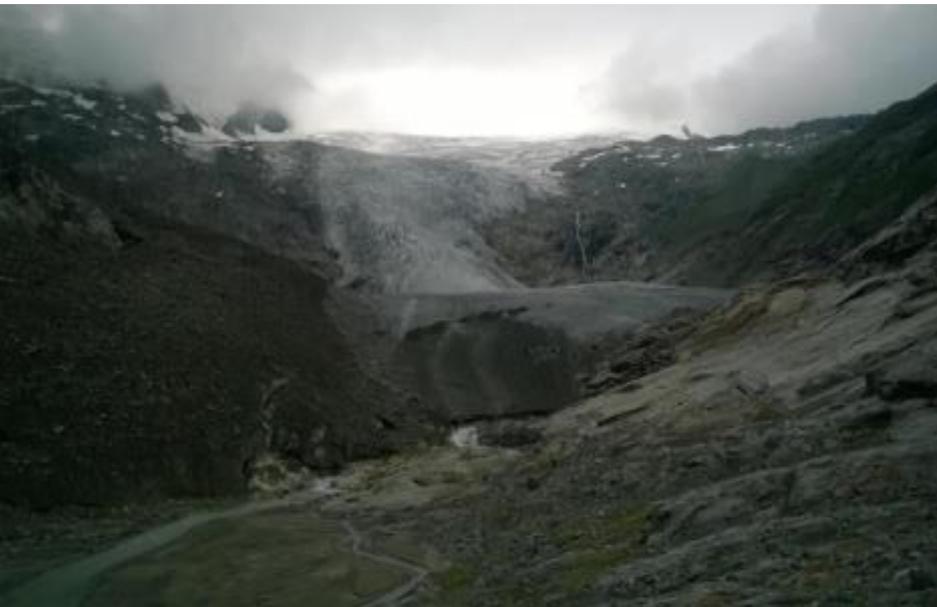
Amt der Tiroler Landesregierung, HD Tirol

- Motivation und Ziel
- Funktionsweise des LARSIM-Gletschermoduls
- Ergebnisse für das Isel-Einzugsgebiet
- Zusammenfassung und Folgerungen

# Motivation

## Abfluss in hochalpinen EZG:

- Grundsätzlich nivales Regime und Sommerhochwasser
- Trotz geringer Fläche großer Abflussanteil von Gletschern im Spätsommer

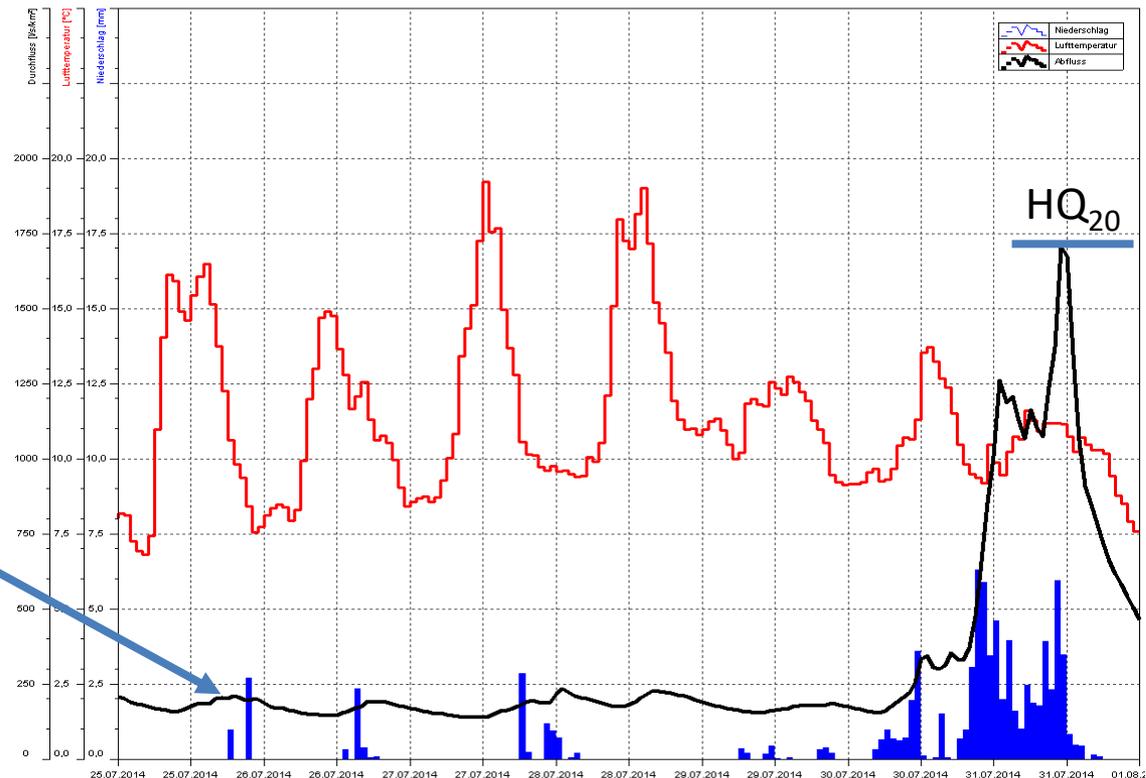


# Motivation

## Abfluss in hochalpinen EZG:

- Grundsätzlich nivales Regime und Sommerhochwasser
- Trotz geringer Fläche großer Abflussanteil von Gletschern im Spätsommer
- Bei sommerlichem Schönwetter hohes Abflussniveau durch Eisschmelze
- Aperer Gletscher mit hohem Abflussbeiwert und schneller Reaktion auf Regen

Foto: G. Weyss/ZAMG



# Motivation

## Relevanz von Gletschern für Hochwasser in hochalpinen EZG:

- Eisschmelze im Sommer wichtig für hohes Ausgangsniveau des Abflusses
- Zeitraum in dem Gletscher aper ist, ist wichtig wegen extremer Abflussreaktion

Pegel	EZG [km <sup>2</sup> ]	Gletscherfläche [%]
Lienz/Isel	1.200	5
Innsbruck/Inn	5.800	5
Bern/Aare	2.900	6
Basel/Rhein	36.000	1

→ Auch für größere EZG relevant

## Ziele des Gletschermoduls in LARSIM:

- Eingebettet in bestehendes LARSIM-System
- Nachbildung des Einflusses auf das Abflussregime und des erhöhten Abflussniveaus im Spätsommer / Frühherbst
- Nachbildung des Zeitraums mit aperen Gletscherflächen und hoher Abflussbereitschaft
- So einfach wie möglich - so komplex wie nötig

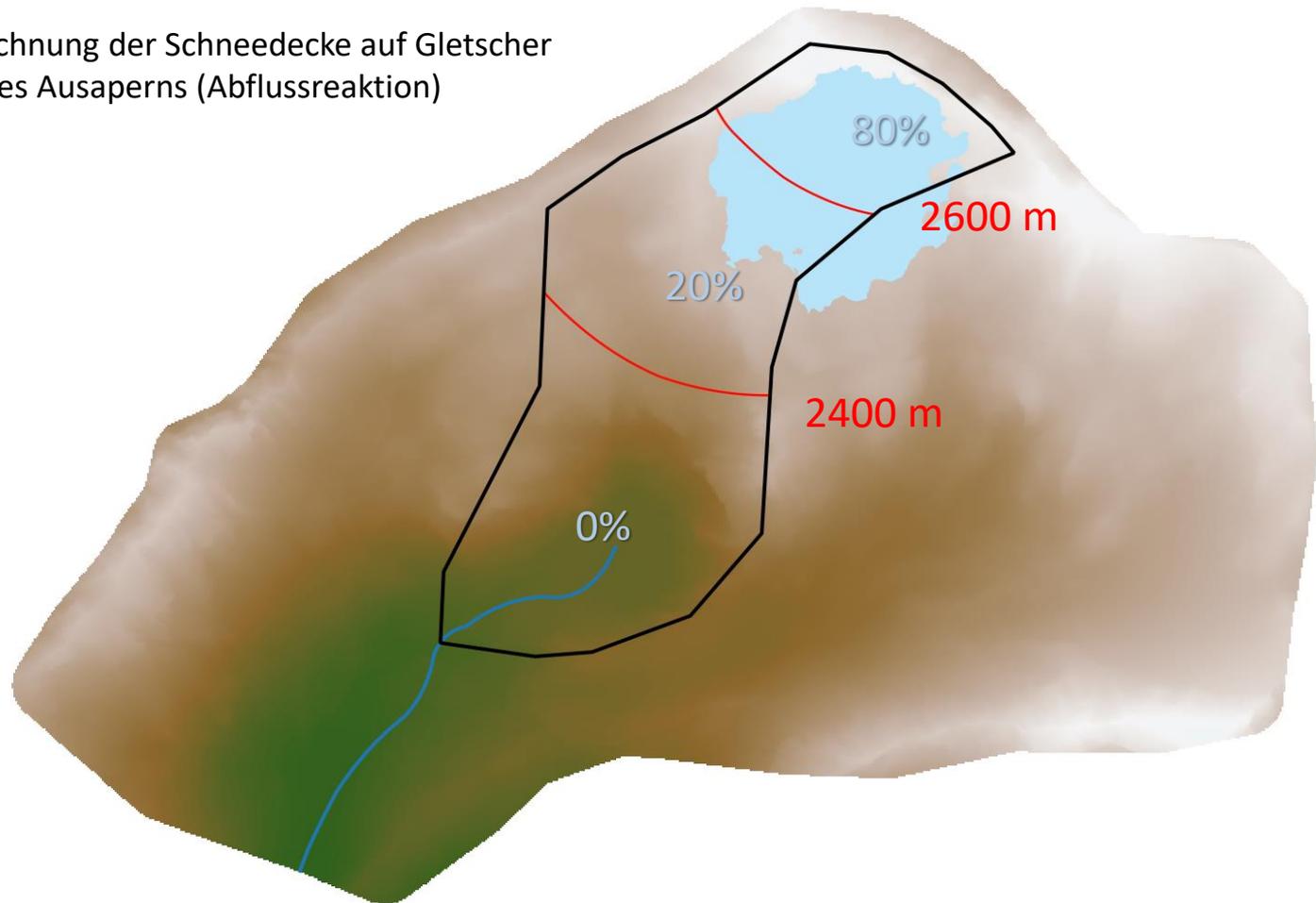
- Stationärer Gletscher
- Stationärer Gletscher mit definierter, zeitlich konstanter Ausdehnung
- Langjährige Dynamik (Vorrücken, Abschmelzen) nicht für kurzfristige Abflussdynamik relevant
- LARSIM: separate Landnutzung „Gletscher“
  - Gletscherausdehnung bei Bedarf einfach zu korrigieren

* gesamtes Einzugsgebiet [qkm]	=	2.33							
* davon vergletschert [qkm]	=	2.13							
* Gerinnebildender Abfluss [cbm/s]	=	5.24							
7011611300000	<b>1.000</b>	0.628	3418.135	2879.395	295.012	215.499			1
701 80185	79110	0.24138	0.71	2.27	0.00	0.00			2
701 2.27	2.27	1.32	100.00	100.00	4.00	4.00			3a
701 7.58	20.00	20.00							3b
701BP <b>5</b>	0	<b>0.200</b>	0.0	0.0	0.0	0.10	-9	-99	
701BP <b>17</b>	0	<b>0.800</b>	0.0	0.0	0.0	0.10	-9	-99	

5 = Fels, 17 = Gletscher

# Funktionsweise Gletschermodul

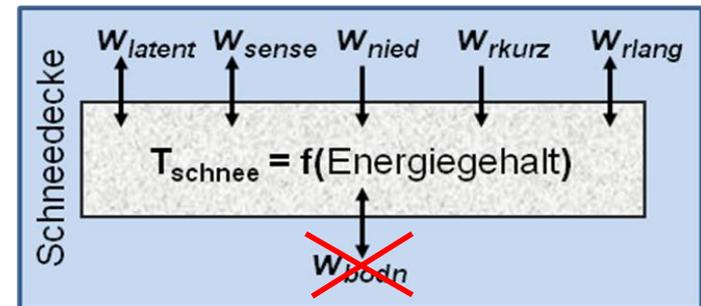
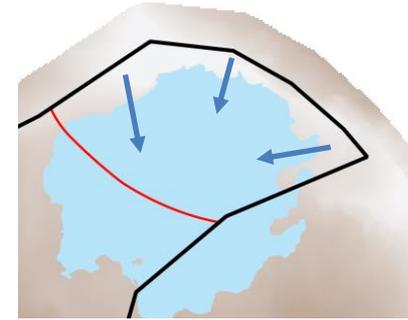
- Voraussetzung: Höhenzonierung für Schneeerechnung
- Gesonderte Höhenzonierung der Landnutzung „Gletscher“
- möglichst präzise Berechnung der Schneedecke auf Gletscher  
wichtig für Zeitpunkt des Ausaperns (Abflussreaktion)



# Funktionsweise Gletschermodul

## Schneedynamik auf der Gletscherfläche:

- Massentransport Schnee bevorzugt auf Gletscherflächen
- Auf höhenzonierten Gletschern Berechnung der Schneedynamik mit vollständiger Energiebilanz analog zu anderen Freiland-Flächen
- Besonderheiten:
  - Kein Bodenwärmestrom
  - Kleiner Teil des Schnees wird in Gletschereis umgewandelt:  $f_{\text{eis}}$  im <tape35> (Konz & Seibert 2010)



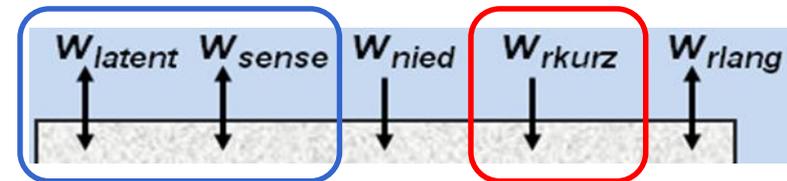
→ Solange Schnee auf Gletscher liegt: Retention von Niederschlag in Schneedecke

# Funktionsweise Gletschermodul

Eisschmelze erst dann, wenn kein Schnee mehr auf der Gletscherfläche liegt  
(aperer Gletscher)

## Berechnung der Eisschmelze:

- Vollständige Energiebilanzbetrachtung an der Gletscheroberfläche
- Zusätzliche Parameter:
  - Übergangskoeffizienten für turbulente Wärmeströme:  $A0\_eis$ ,  $A1\_eis$
  - Absorptionsanteil des Gletschereis für kurzwellige Strahlung:  $Abso\_eis$
- Bei positiver Energiebilanz → Eisschmelze



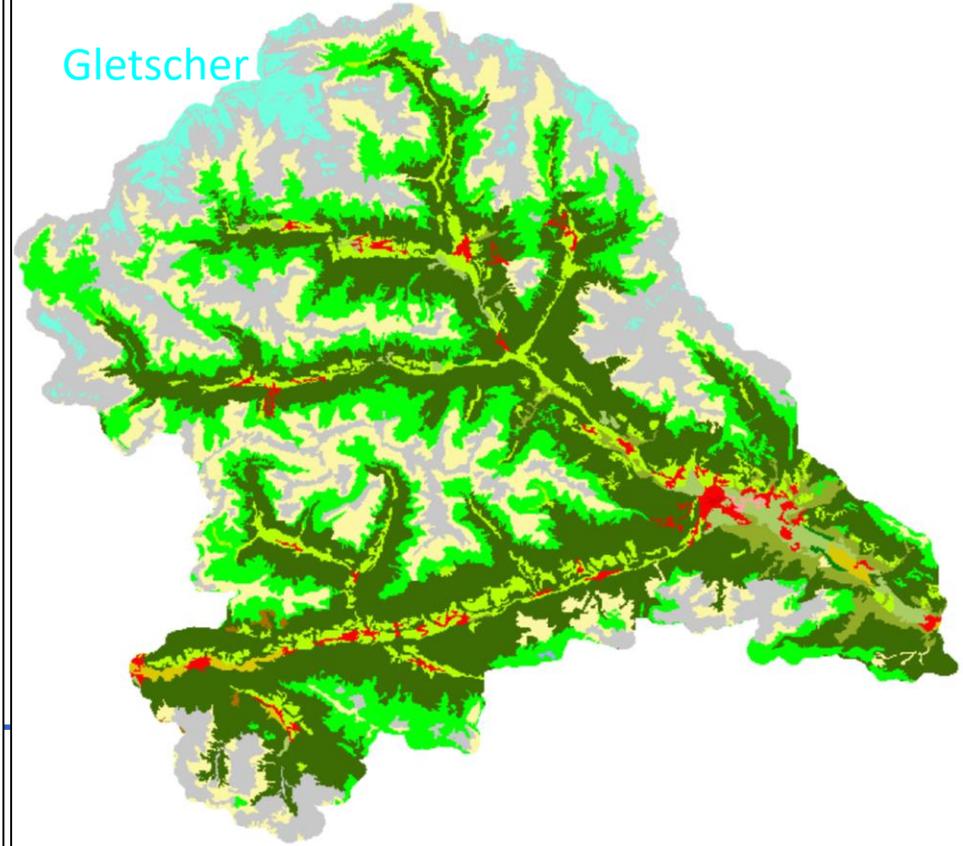
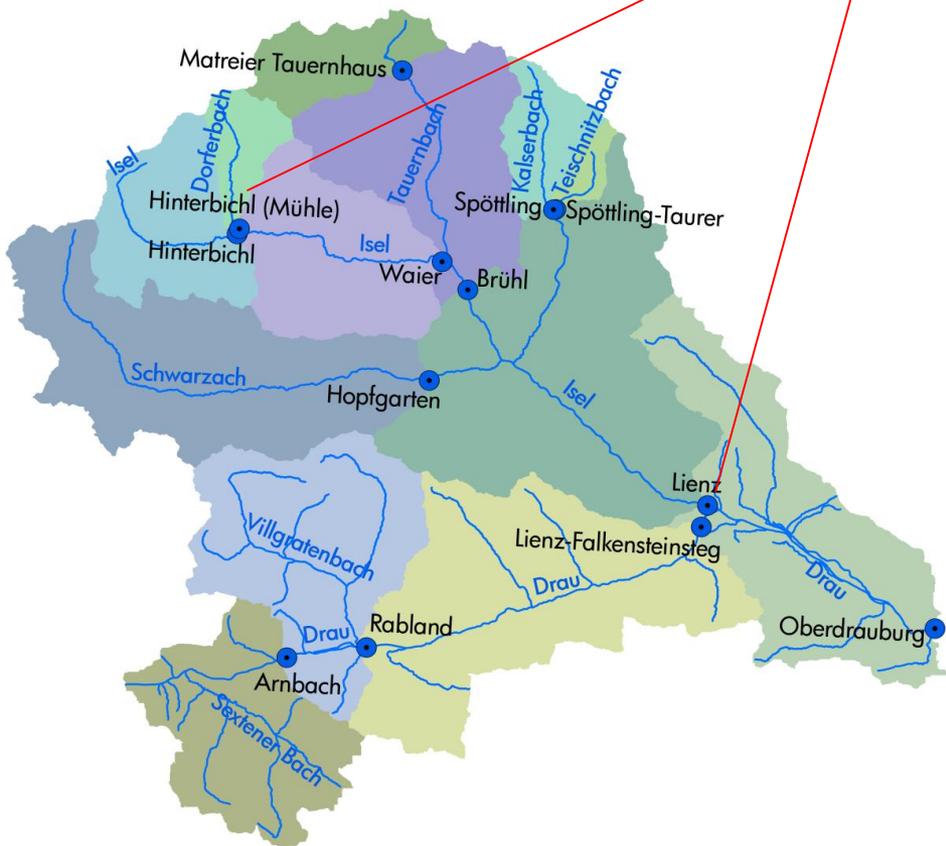


# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet



## Drau in Osttirol:

Pegel	EZG [km <sup>2</sup> ]	Gletscherfl. [%]
Oberdrauburg/Drau	2.100	3
Lienz/Isel	1.200	5
Hinterbichl/Dorferbach	35	30



# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

Parameter für **Schnee**- und **Eis**schmelze auf Gletscher:

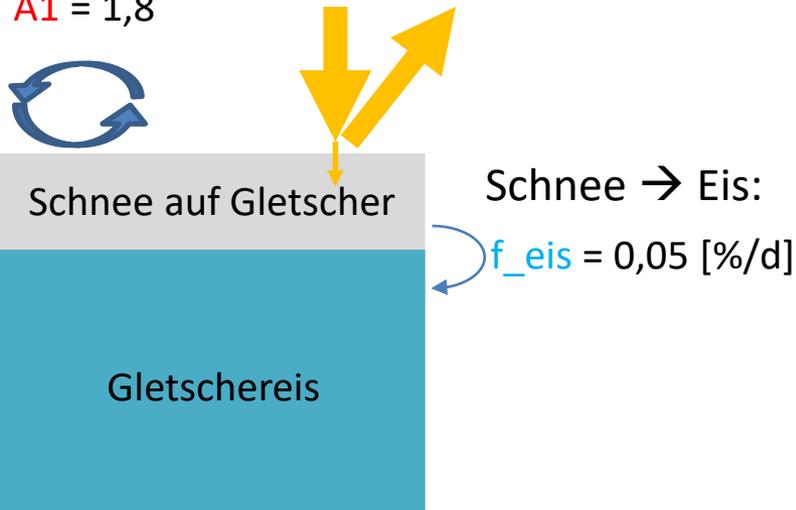
## Schnee auf Gletscher

Energiebilanz:

$$A0 = 2,5$$

$$Ab_{so} = 0,18$$

$$A1 = 1,8$$



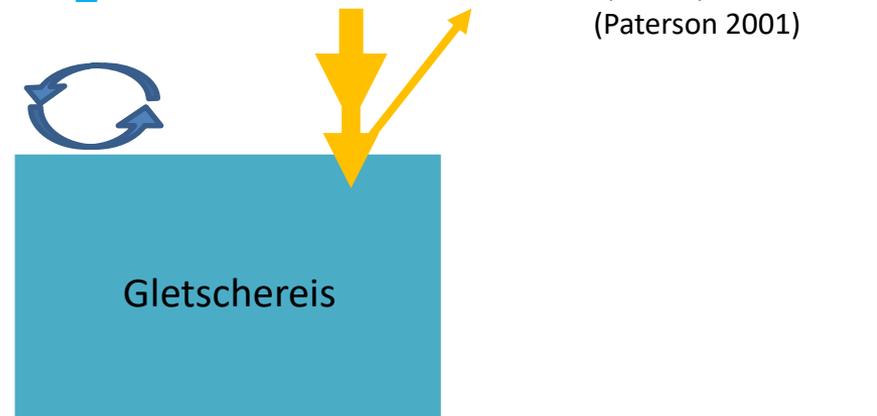
## Eis (schneefreier Gletscher)

Energiebilanz:

$$A0_{eis} = 2,5$$

$$Ab_{so\_eis} = 0,70$$

$$A1_{eis} = 1,8$$

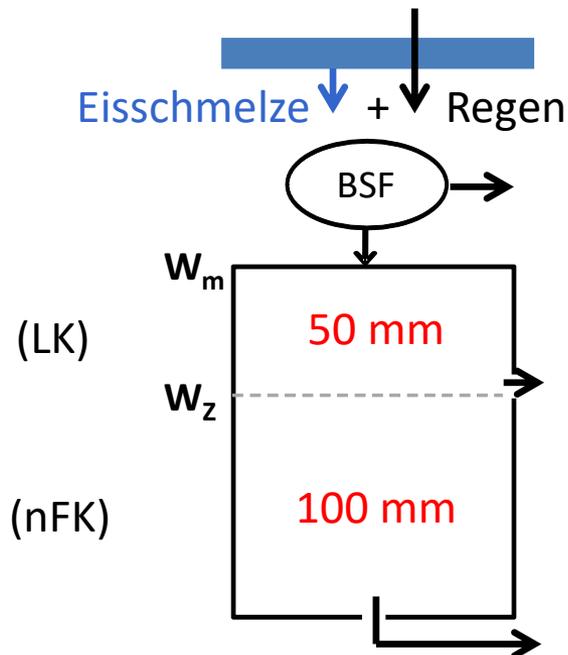


Plaus. Wertebereich:  
0,55 – 0,90  
(Paterson 2001)

# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

## Parameter für Retention „in und unter“ Gletscher:

- Ohne modelltechnischen „Boden“ unter Gletscher zu starke Abflussreaktion und zu wenig „Nachlaufen“ im Winter



- Retention im Sommer
- Retention zu Beginn der Schmelze
- Während Sommer gefüllt → keine Retention
- Langsames Leerlaufen im Winter

# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

## Dorferbach:

- Pegel Hinterbichel
- 35 km<sup>2</sup>
- 30% Gletscheranteil

## TGB 818 (Äußeres Mullwitzkees):

- 98% Gletscher

3 400

1 %

36 %

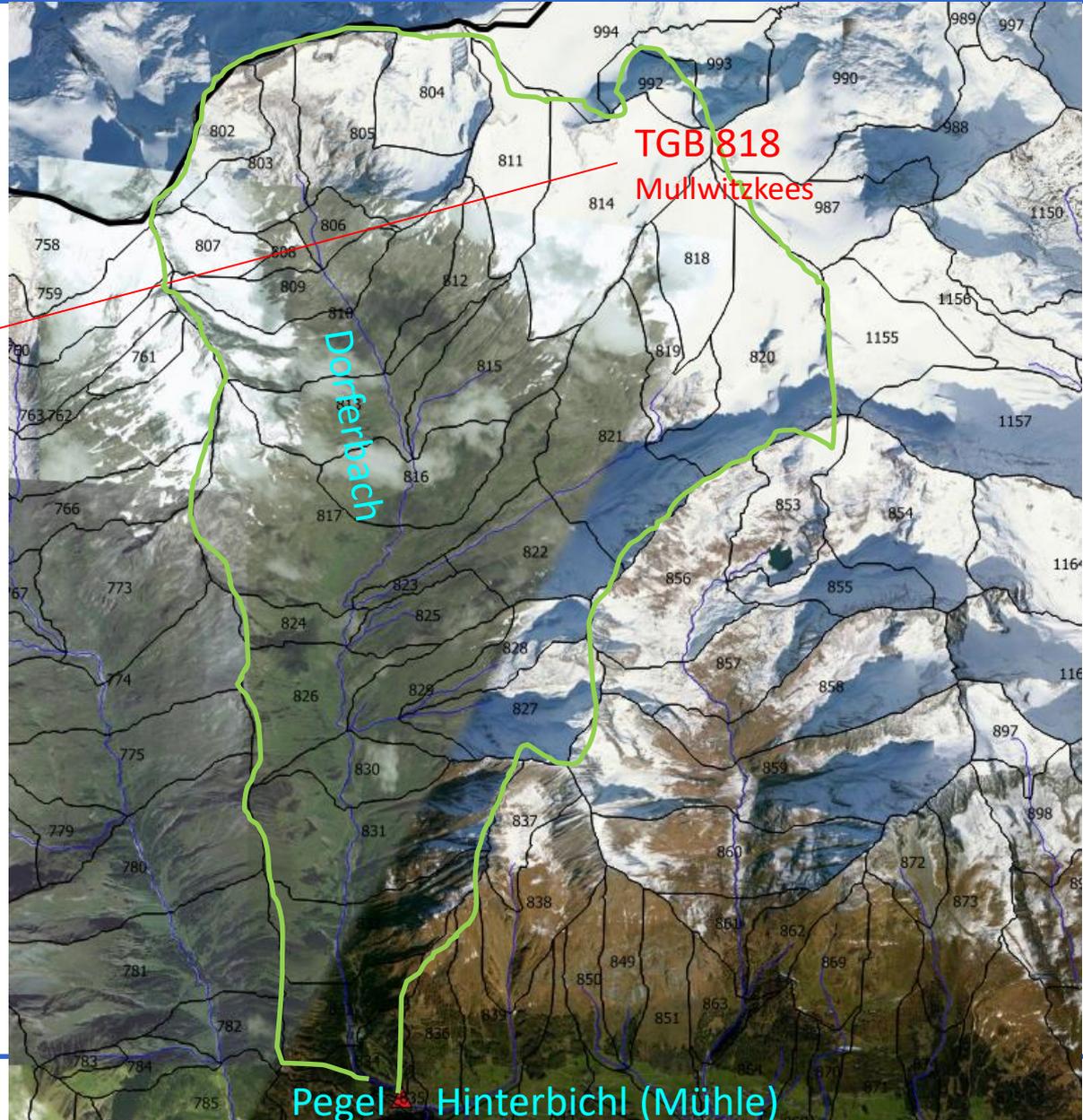
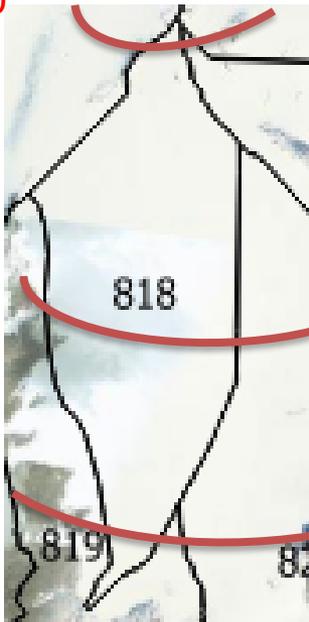
3 200

818

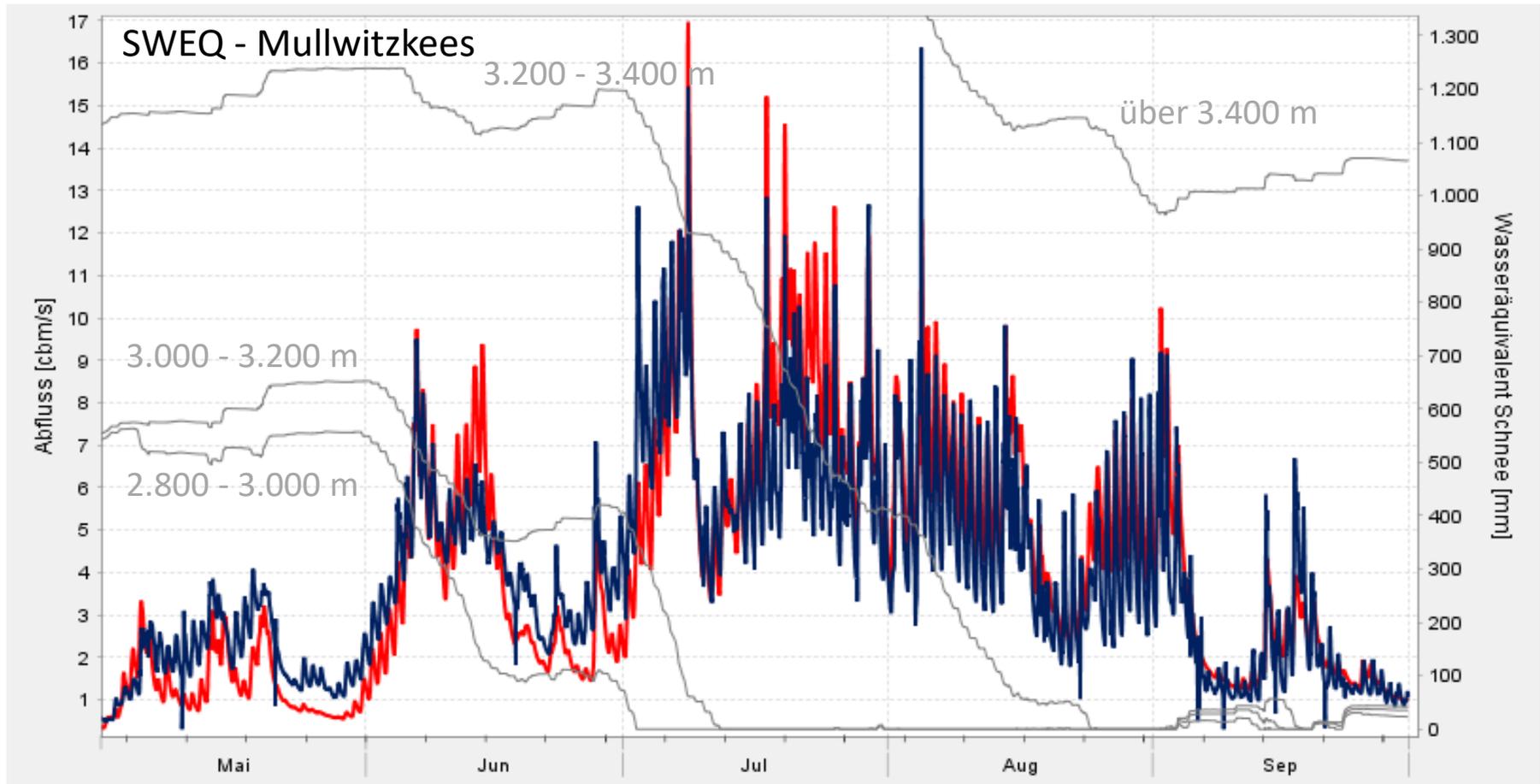
55 %

3 000

8 %



# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet



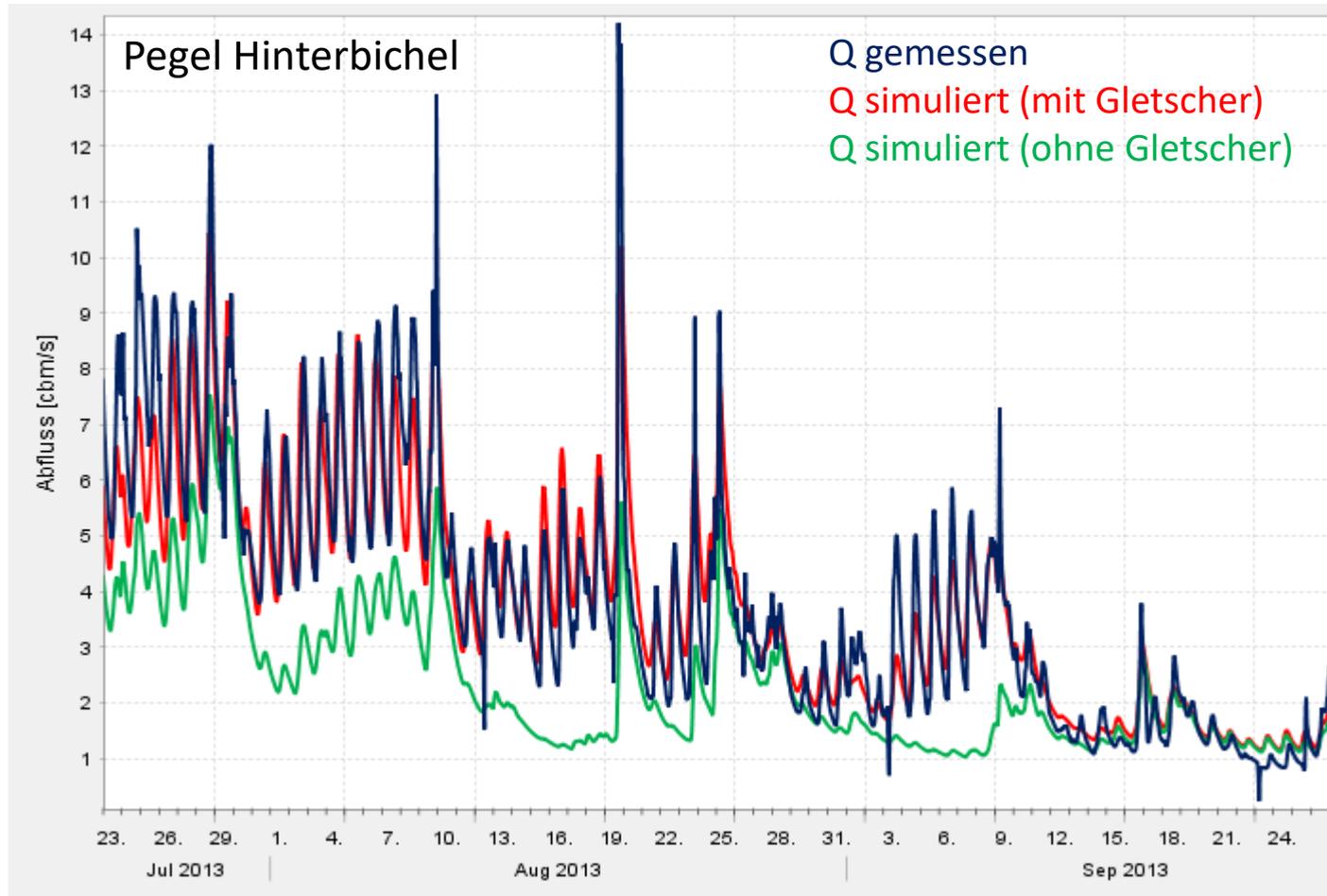
Langjährige Schneemessungen am Mullwitzkees (Stocker-Waldhuber & Fischer 2015):

- Im Mai immer komplett schneebedeckt
- Im September außer höchsten Bereichen schneefrei

→ Qualitative Übereinstimmung mit Zeitpunkt des Aper-Werdens

# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

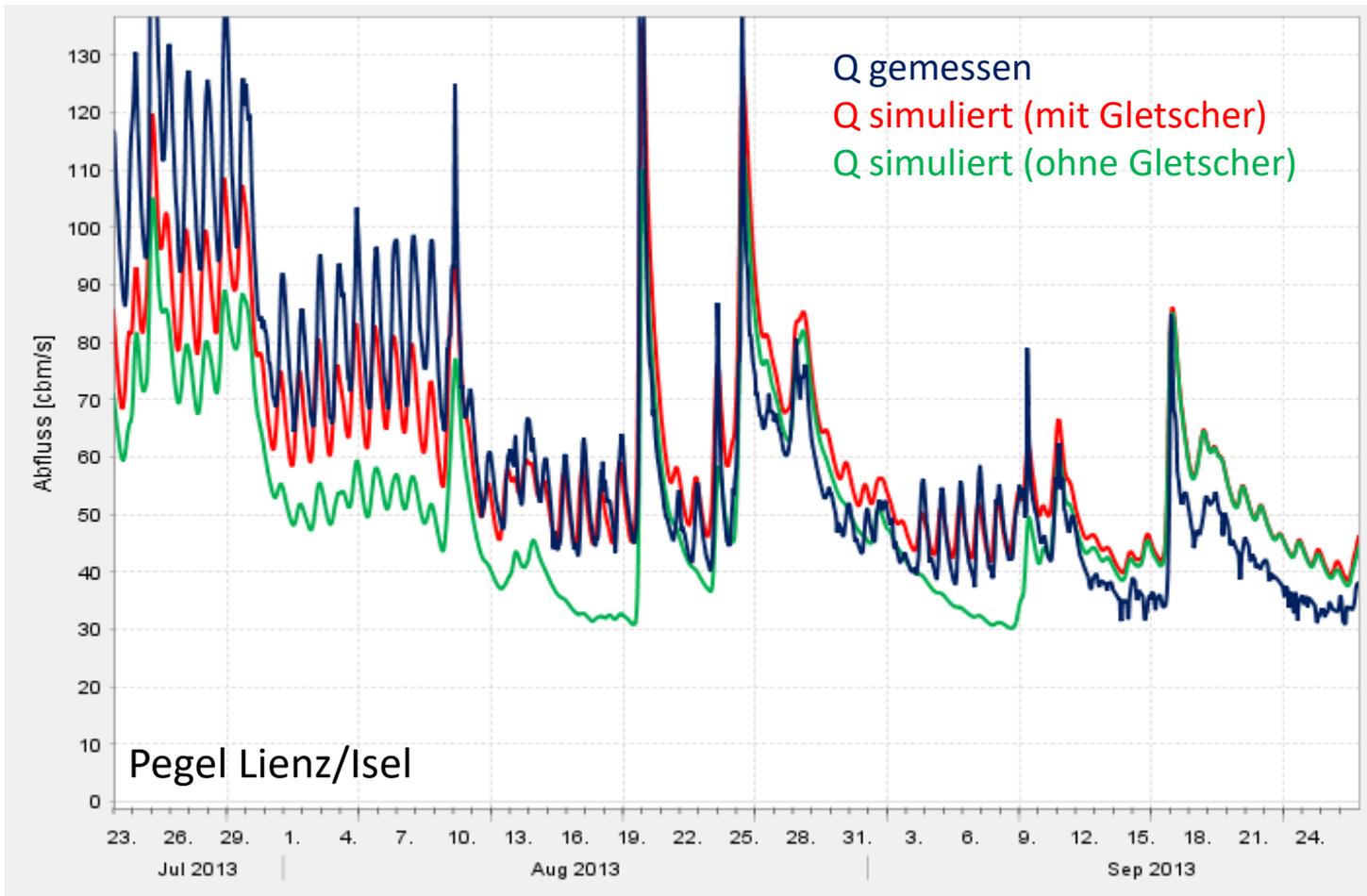
## Abflussniveau und Tagesamplitude im Spätsommer:



→ **ohne Gletscher**: massive Unterschätzung von Abflussniveau und Tagesamplitude des Abflusses

# Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

## Abflussniveau und Tagesamplitude im Spätsommer:



→ Auch für Isel bei Lienz (1.200 km<sup>2</sup>, 5% Gletscheranteil) ist Berücksichtigung von Gletscher notwendig

# Zusammenfassung und Folgerungen

- Stationäres Gletscher-Modul als „Landnutzung“ in LARSIM-WHM verfügbar
- Handhabbares Modul im Rahmen der bestehenden LARSIM-Gegebenheiten
- Nachbildung der wesentlichen Wirkung von Gletschern auf das Abflussgeschehen:
  - Abflussregime + erhöhtes Abflussniveau und Tagesamplitude im Spätsommer
  - Schneefrei-Werden des Gletschers mit folglich hoher Abflussbereitschaft
- Ausreichende Komplexität des relativ einfachen Ansatzes
- Nutzung auch für andere gletscherbeeinflusste alpine Gebiete sinnvoll
- Relevanz auch für größere Einzugsgebiete bereits mit Gletscheranteilen ab 5%

→ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit