

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

Ingo Haag, Dirk Aigner
HYDRON GmbH, Karlsruhe

Georg Raffener
Amt der Tiroler Landesregierung, HD Tirol

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop 2018
14. März 2018

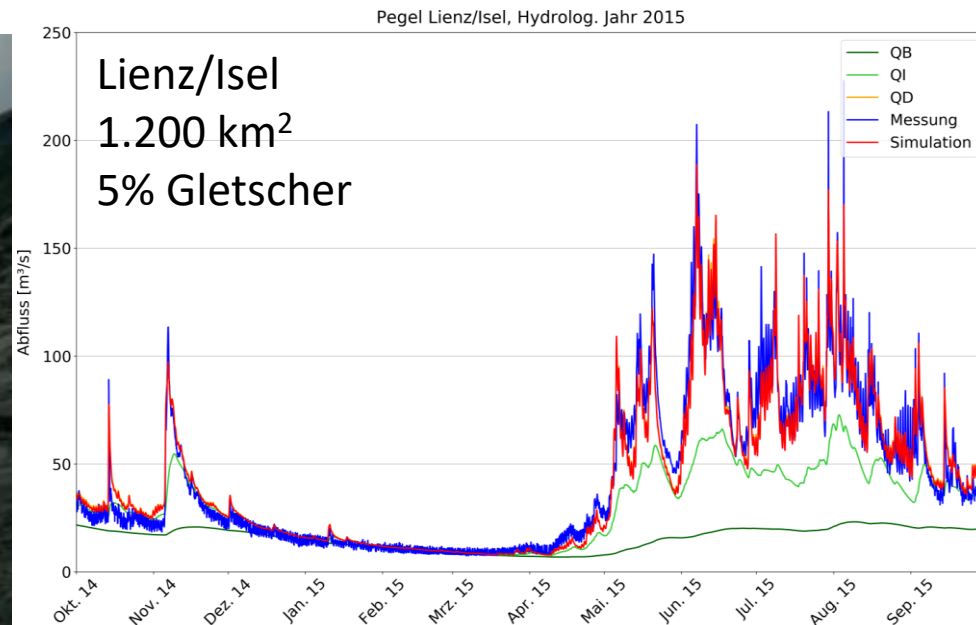
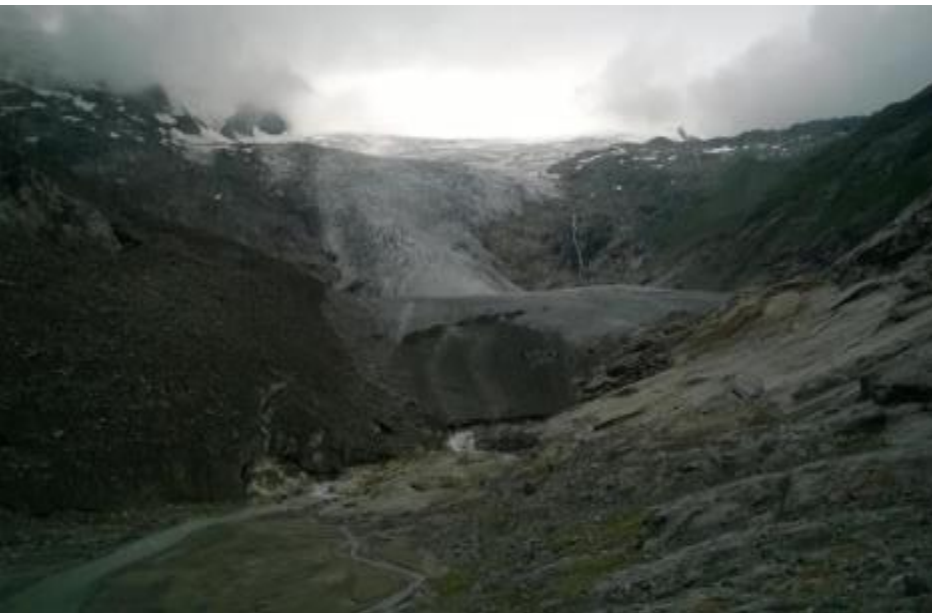
Auftraggeber: Amt der Tiroler Landesregierung, HD Tirol

- 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

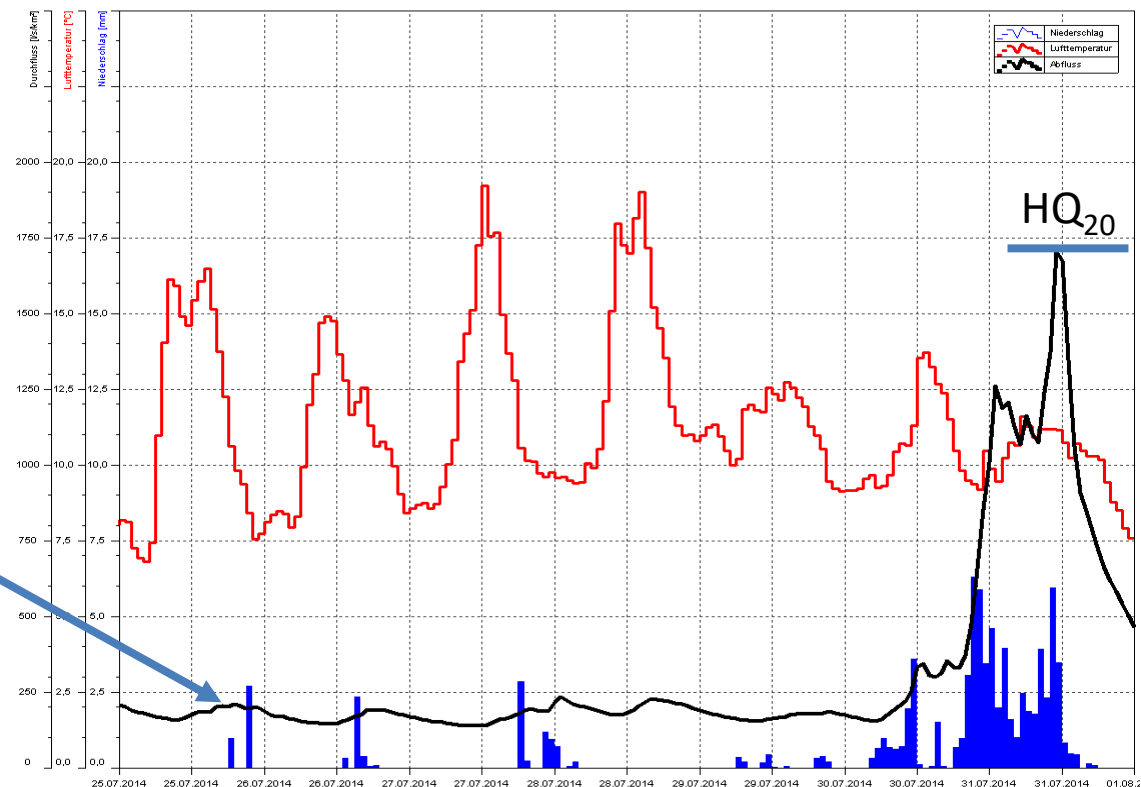


Motivation

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
- Aterer Gletscher mit hohem Abflussbeiwert und schneller Reaktion auf Regen

Foto: G. Weyss/ZAMG



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 ²]	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

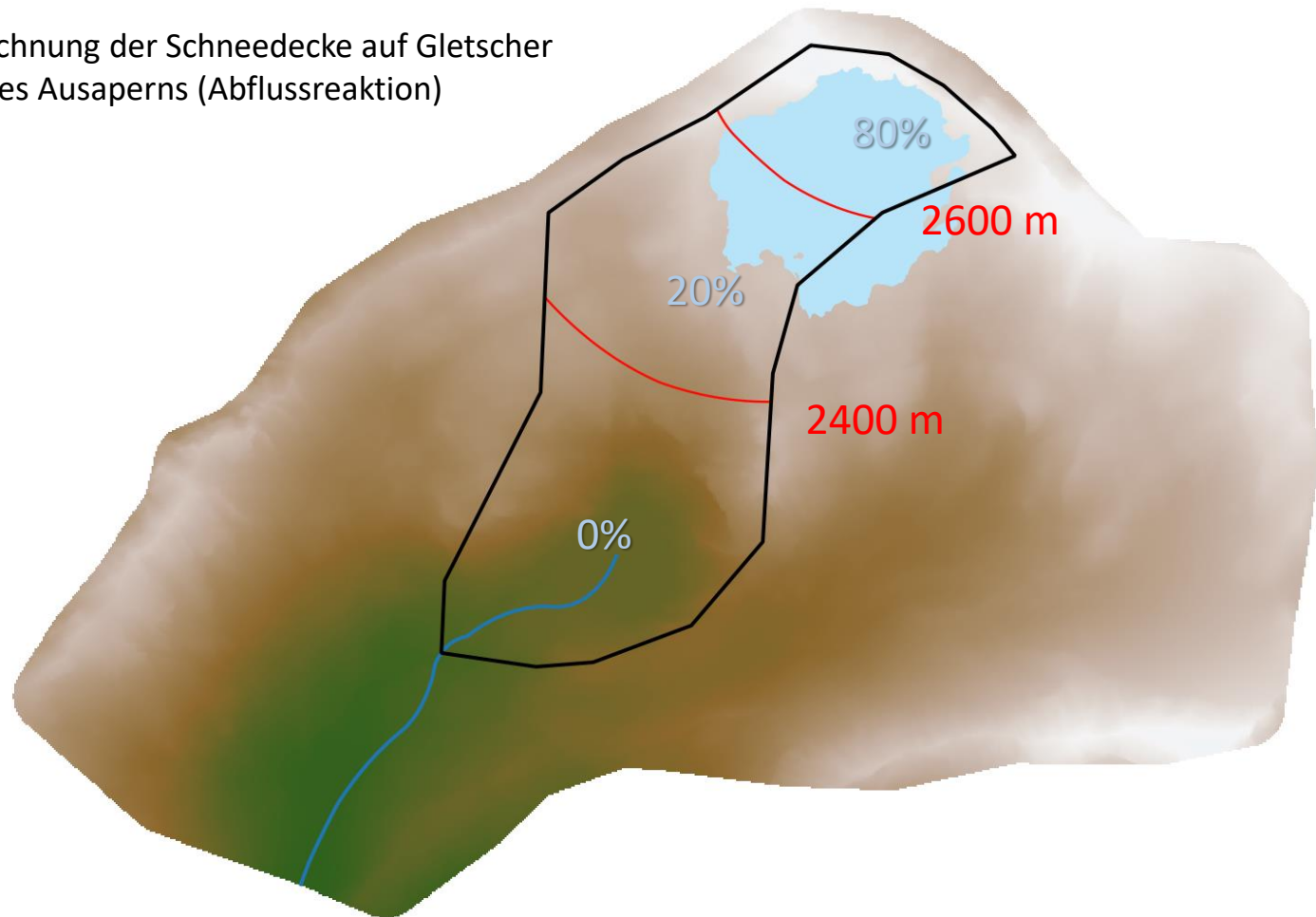
- Stationärer Gletscher
 - Stationärer Gletscher mit definierter, zeitlich konstanter Ausdehnung
 - Langjährige Dynamik (Vorrücken, Abschmelzen) nicht für kurzfristige Abflussdynamik relevant
 - LARSIM: separate Landnutzung „Gletscher“
 - Gletscherausdehnung bei Bedarf einfach zu korrigieren

* gesamtes Einzugsgebiet [qkm]		=	2.33					
* davon vergletschert [qkm]		=	2.13					
* Gerinnebildender Abfluss [cbm/s]		=	5.24					
7011611300000	1.000	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 5	0	0.200	0.0 0.0	0.0 0.10	-9	-99		
701BP 17	0	0.800	0.0 0.0	0.0 0.10	-9	-99		

5 = Fels, 17 = Gletscher

Funktionsweise Gletschermodul

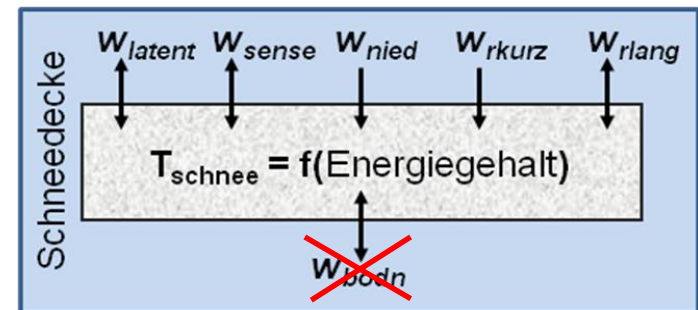
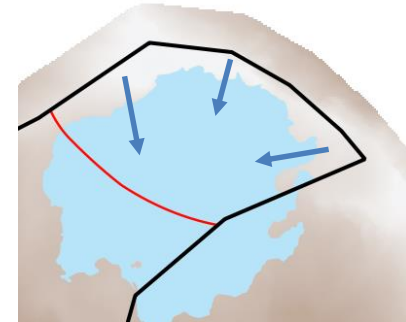
- Voraussetzung: Höhenzonierung für Schneeabrechnung
- Gesonderte Höhenzonierung der Landnutzung „Gletscher“
 - möglichst präzise Berechnung der Schneedecke auf Gletscher
wichtig für Zeitpunkt des Ausaperns (Abflussreaktion)



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_{eis} im <tape35> (Konz & Seibert 2010)



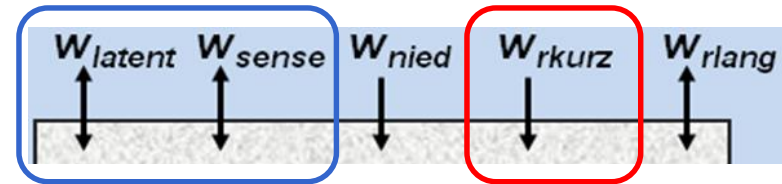
→ Solange Schnee auf Gletscher liegt: Retention von Niederschlag in Schneedecke

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



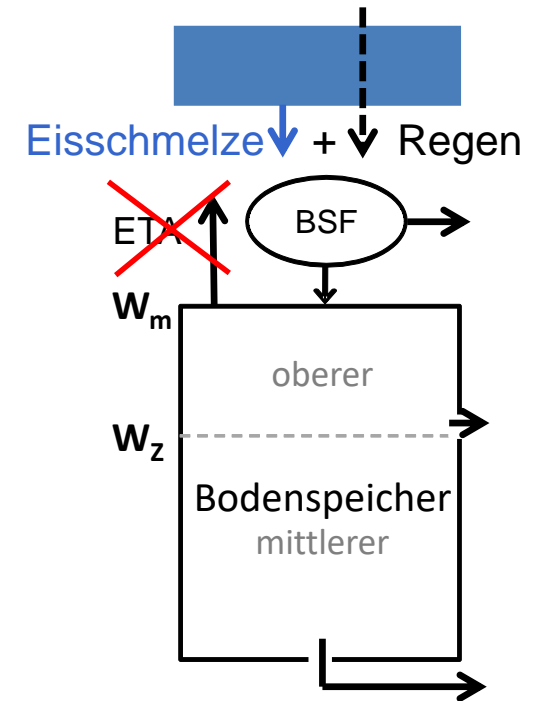
Funktionsweise Gletschermodul

Abflussbildung auf Gletscherflächen

- Wasserdargebot = Schneeschmelze oder
(bei aperem Gletscher) = Eisschmelze + ggf. Regenniederschlag
- Keine Retention „im Gletscherkörper“

Aber:

- Retention in und unter Gletscher kann durch „fiktiven“ Bodenspeicher näherungsweise abgebildet werden
- Fiktiver Gletscher-Bodenspeicher kann variabel über w_z vorgegeben werden
- Bei Landnutzung Gletscher ist Verdunstung aus Bodenspeicher ausgeschlossen

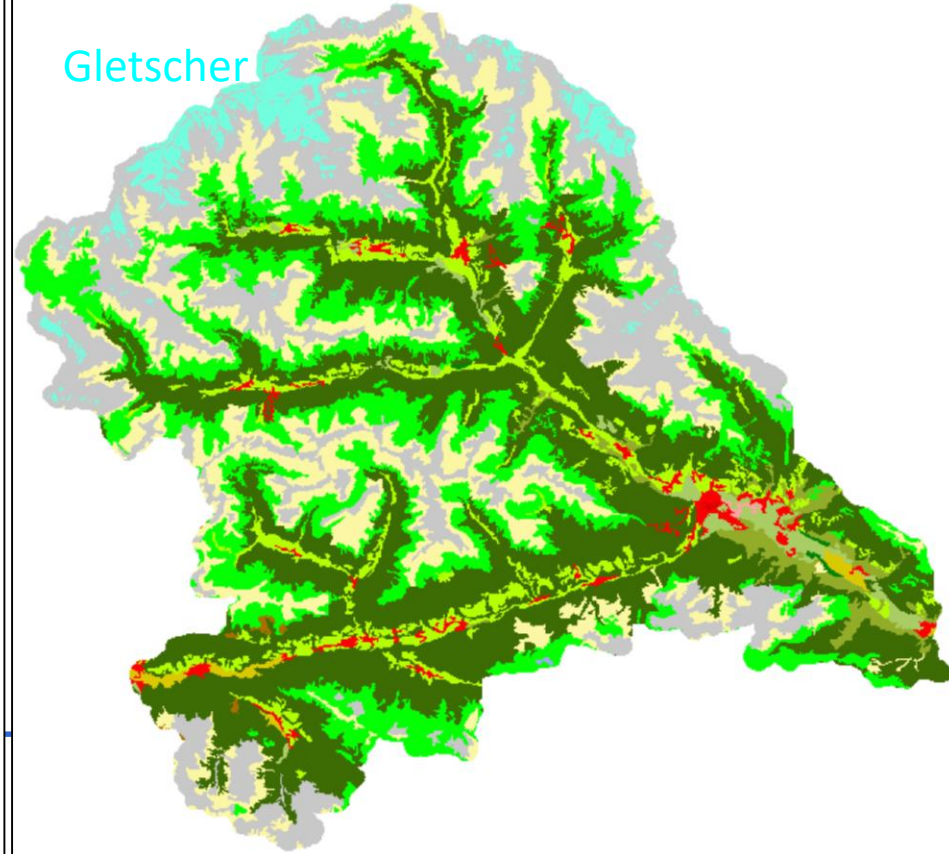
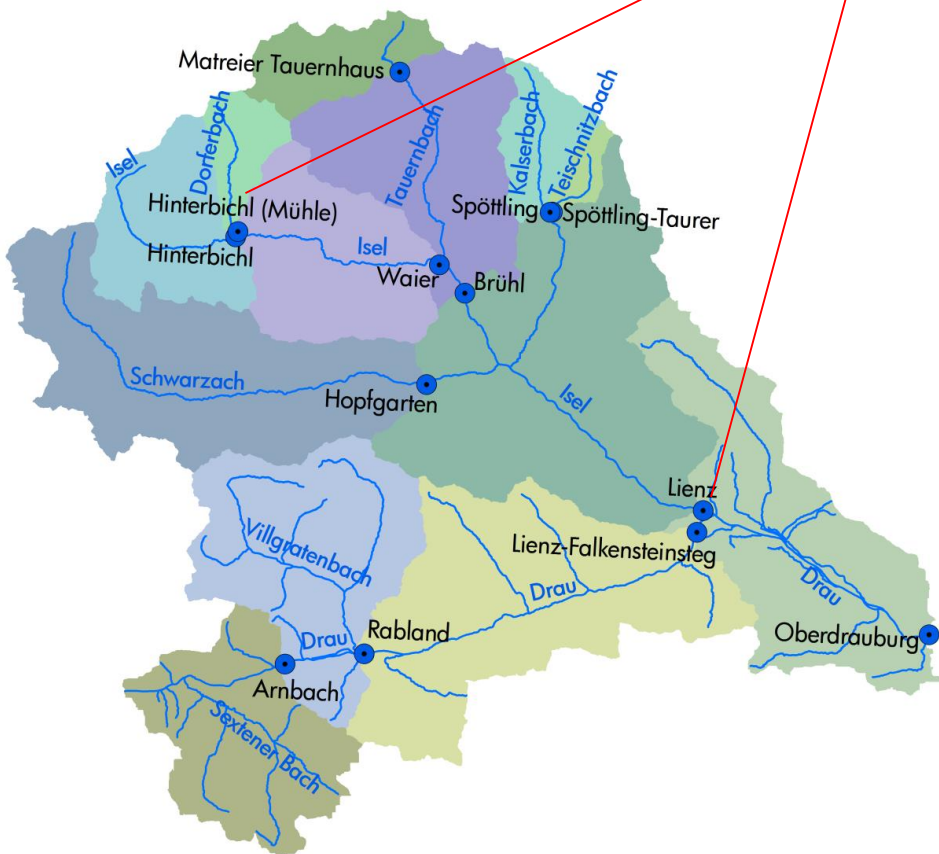


Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet



Drau in Osttirol:

Pegel	EZG [km ²]	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:

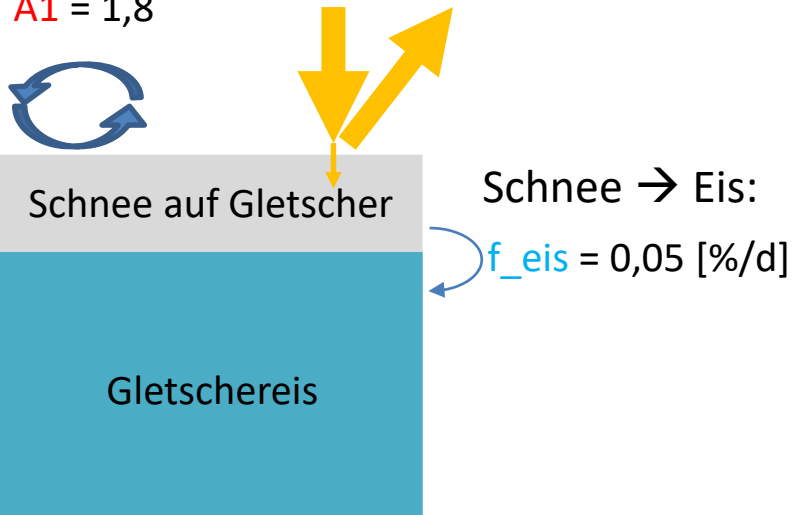
Schnee auf Gletscher

Energiebilanz:

$$A0 = 2,5$$

$$A1 = 1,8$$

$$Abso = 0,18$$



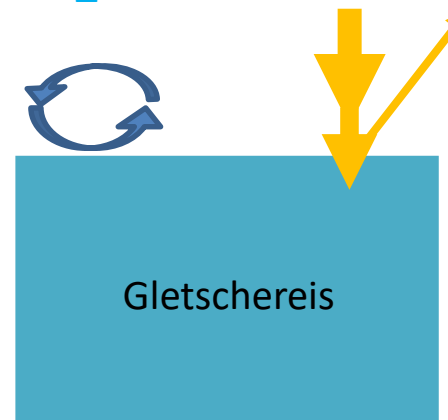
Eis (schneefreier Gletscher)

Energiebilanz:

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

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

$$Abso_{eis} = 0,70$$

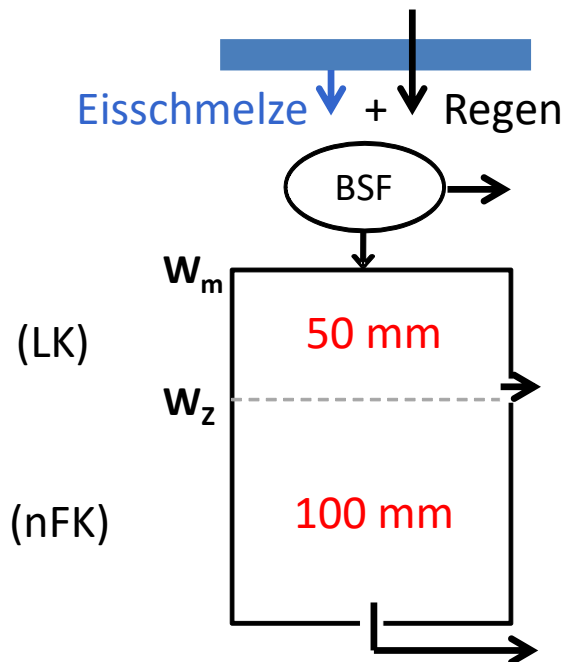


Plaus. Wertebereich:
0,55 – 0,90
(Paterson 2001)

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

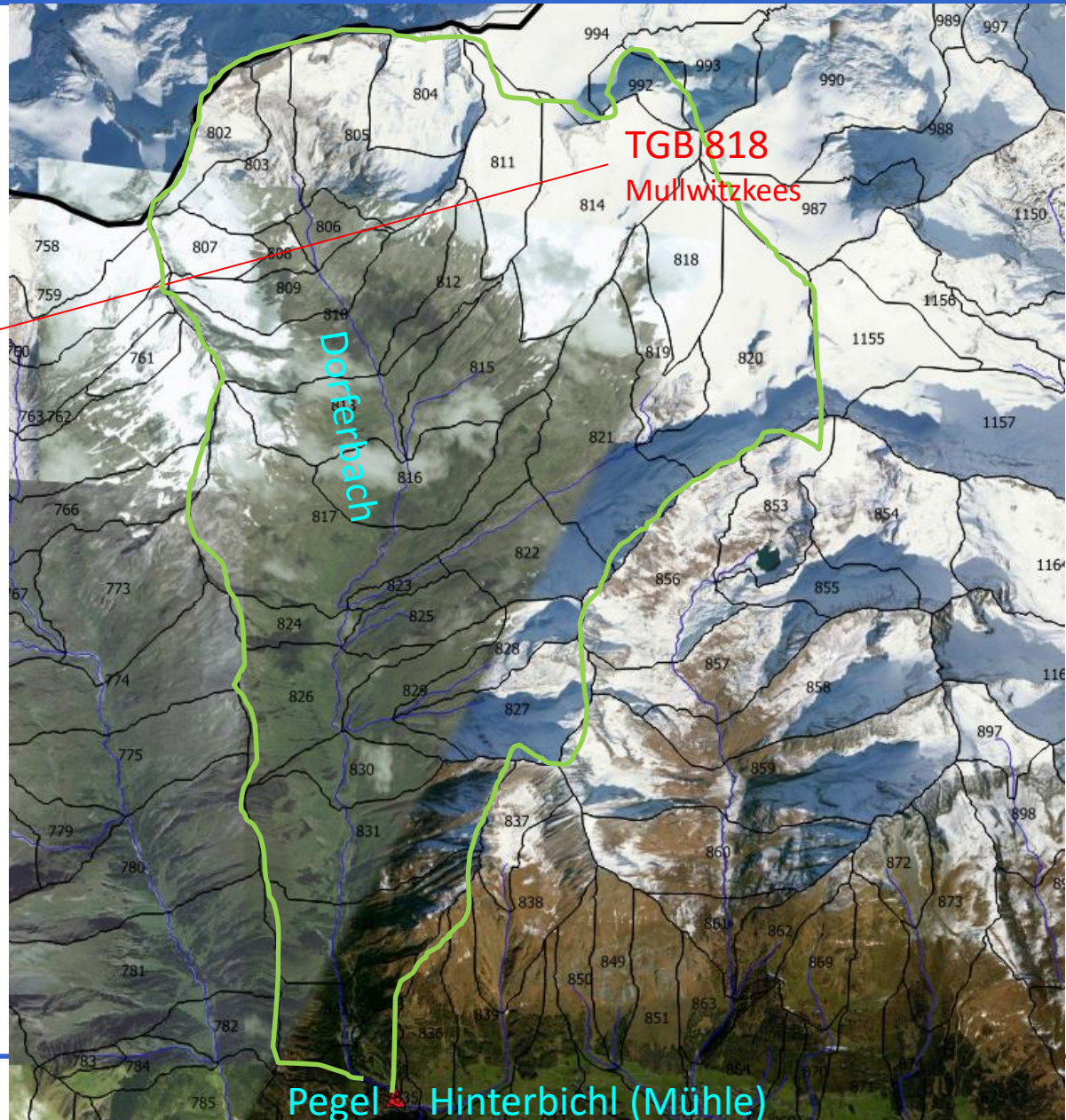
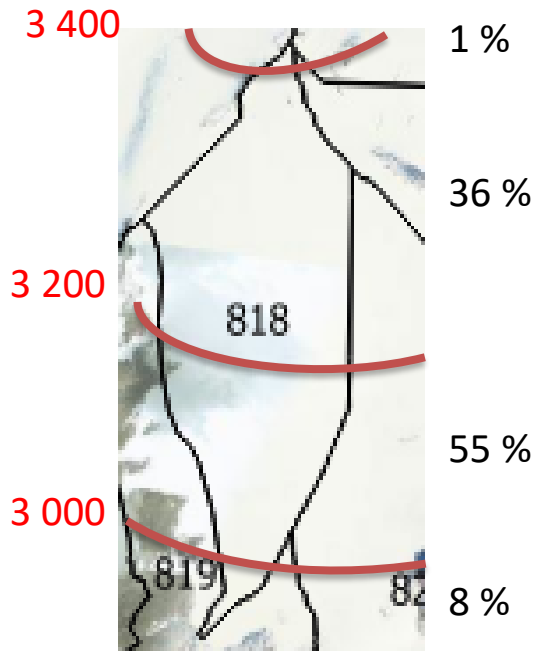
Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

Dorferbach:

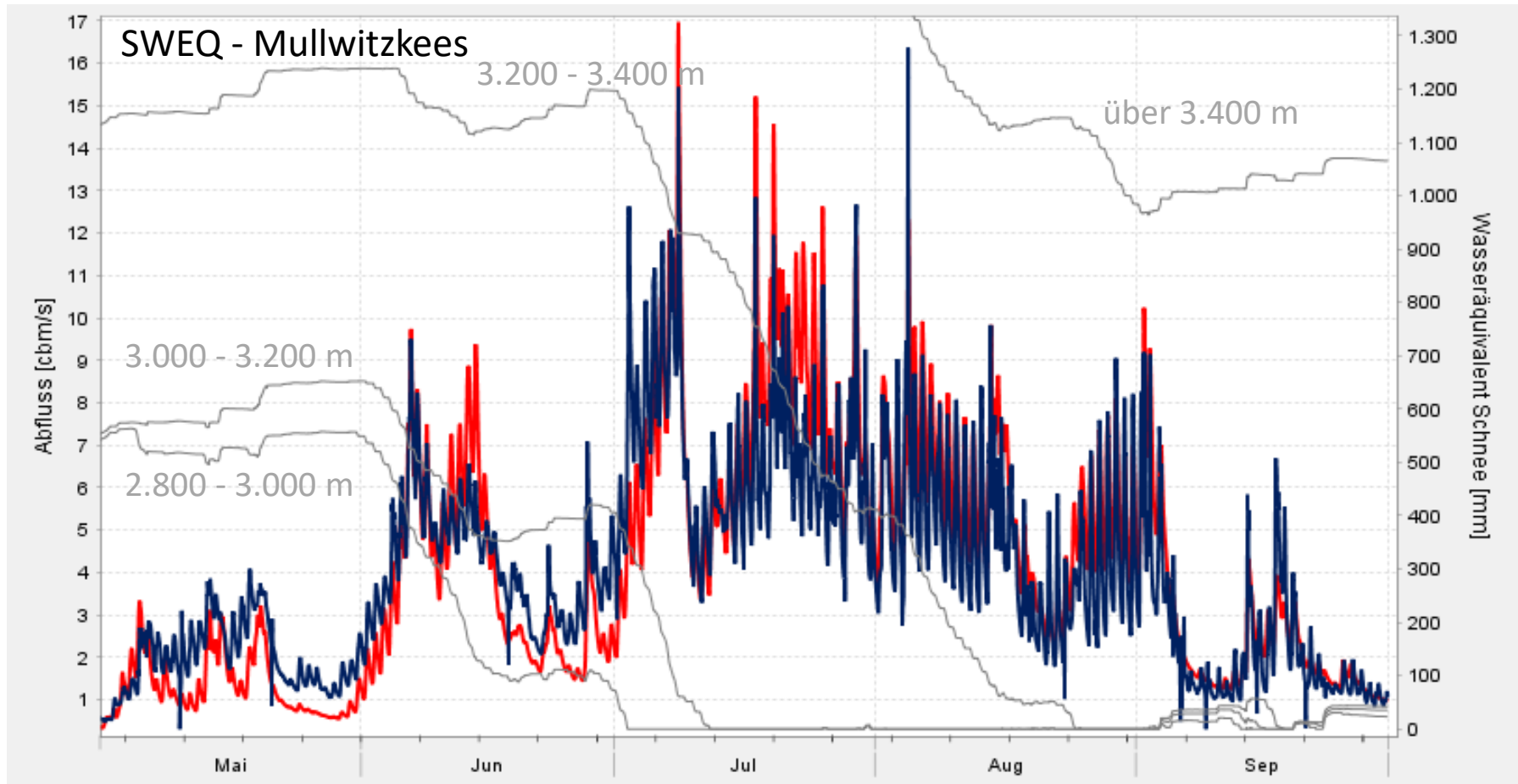
- Pegel Hinterbichel
- 35 km²
- 30% Gletscheranteil

TGB 818 (Äußeres Mullwitzkees):

- 98% Gletscher



Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet



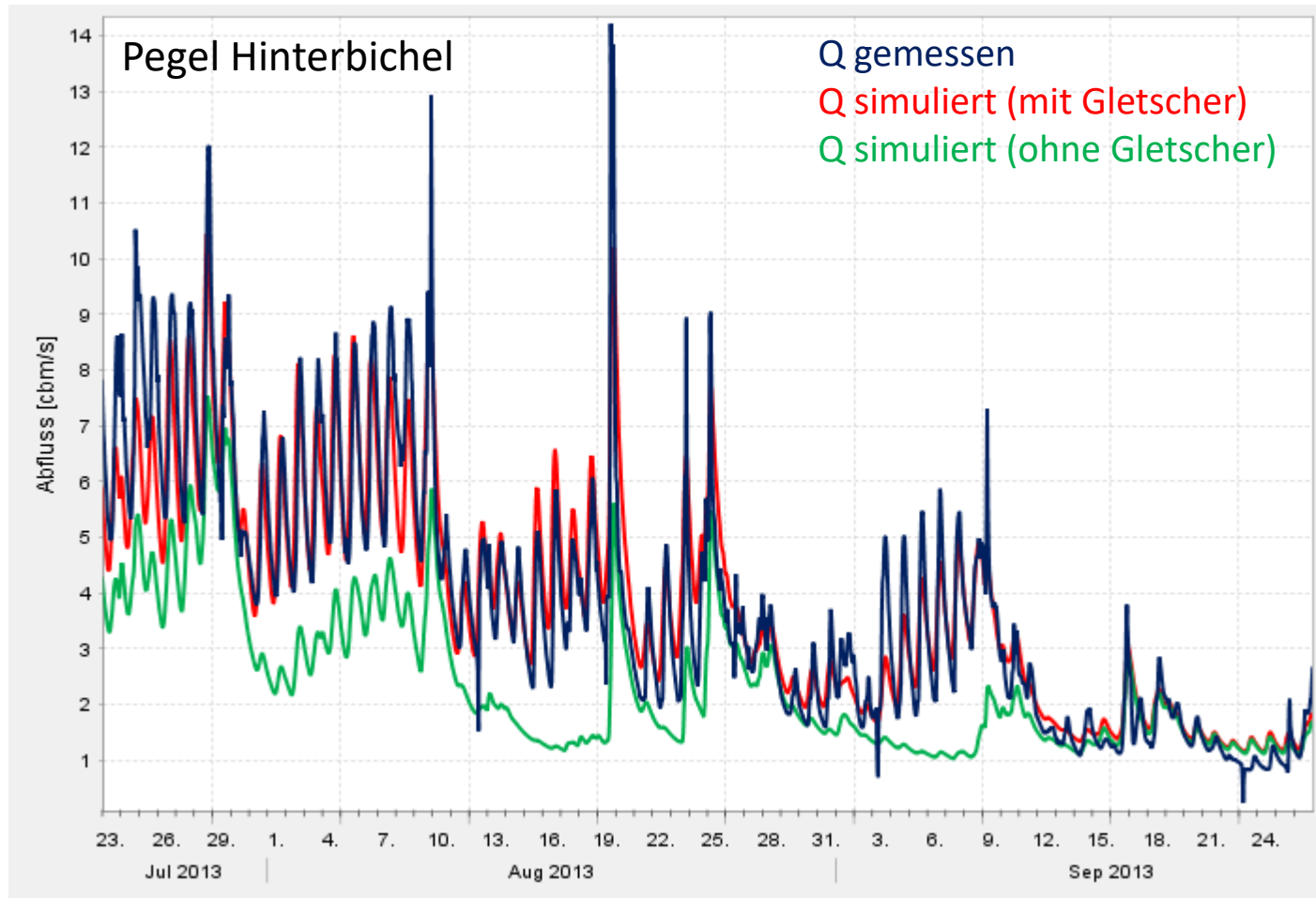
Langjährige Schneemessungen am Mullwitzkees (Stocker-Waldhuber & Fischer 2015):

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

→ Qualitative Übereinstimmung mit Zeitpunkts des Aper-Werdens

Ergebnisse Isel-Einzugsgebiet

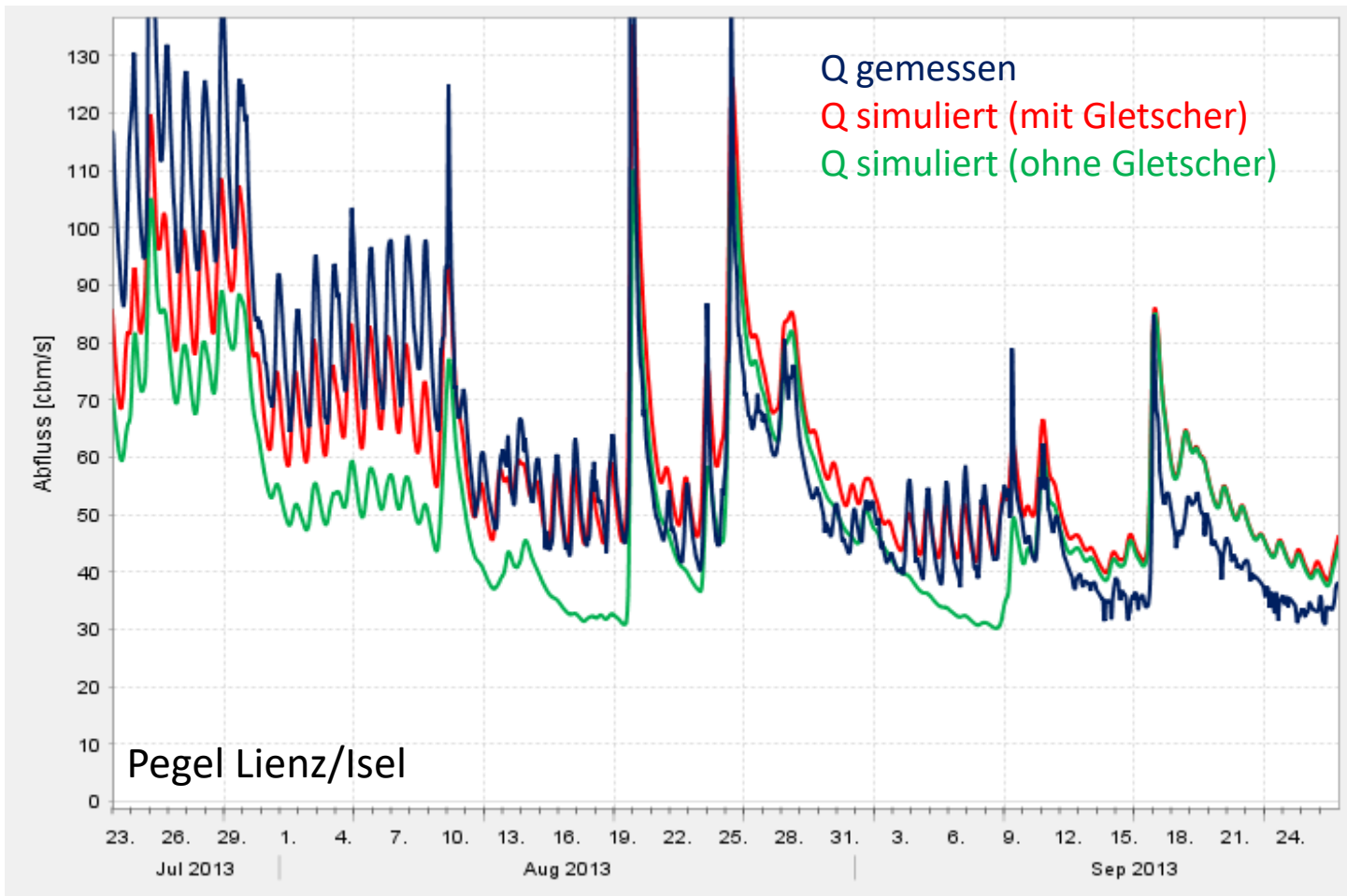
Abflussniveau und Tagesamplitude im Spätsommer:



→ **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 km², 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