

LARSIM-Anwendertreffen 2011

Wirkung ausgewählter Schneeparameter und Schneeoptionen auf die Simulationsergebnisse von LARSIM

Ingo Haag, Markus Mast, Nicole Henn

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Im Auftrag der Hochwasser-Vorhersage-Zentrale der
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Inhalt

(1) Ausgangslage und Zielsetzung

(2) Vorgehensweise

(3) Ergebnisse

Zulässiger Wertebereich für Max. Schnee-Ret.

Sensitivität und Kalibrierung von Schneeparametern

Dynamische Berechnung der Schneecalbedo

(4) Problembereiche und Lösungsansätze

(5) Zusammenfassung

(6) Empfehlungen

(7) Ausblick

Ausgangslage und Zielsetzung

- Entwicklung und Integration neuer Möglichkeiten zur Simulation der Schneedynamik in LARSIM
- Nacheichnungen von Modellen in hoch gelegenen Gebieten mit großer Bedeutung der Schneedynamik (nivales Regime)
- Wirksamkeit des Parameters „maximale Schneeretention“ für simulierte Schneedynamik
- Sensibilisierung für die Bedeutung schneebeeinflusster Hochwasser („rain on snow events“)

⇒ Analyse der Schneesimulation in den operationellen WHM der HVZ (LUBW)

Ausgangslage und Zielsetzung

Ziele:

- Sensitivität und Wirksamkeit der Schneeparameter für die Kalibrierung der Modelle
- Angabe zulässiger / plausibler Wertebereiche für die Schneeparameter
- Empfehlungen für die Kalibrierung der Schneemodule
- Eignung der verwendeten Schneemodule für die operationellen WHM
- Identifikation von Problembereichen und Lösungsansätze

Vorgehensweise

Modellkonfigurationen:

- Operationelle WHM der HVZ, 1 km²-Rastermodelle
- Schnee-Optionen (Ausgangslage):
 - SCHNEE: KNAUF, 2006
 - SNOW-COMPACTION 2 (Bertle-Verfahren)
 - BODENTEMPERATUR

Analysen:

- Wirkung und zulässiger Wertebereich von Max. Schnee-Ret. (Bertle-Setzungsver.)
- Wirkung des Absorptionskoeffizienten *Abso* (Knauf-Energiebilanz)
- Gleichzeitige Anpassung der Energiebilanzparameter (Knauf) und der Setzungsparameter (Bertle)
- Wirkung der dynamischen Berechnung der Schneecalbedo

Skalen:

- Einzugsgebiet bzw. Pegelkontrollbereich (integrierend, Abfluss)
- Standortspezifisch für Schneemessstationen (Schneewasseräquivalent)

Vorgehensweise

Untersuchte Einzugsgebiete:

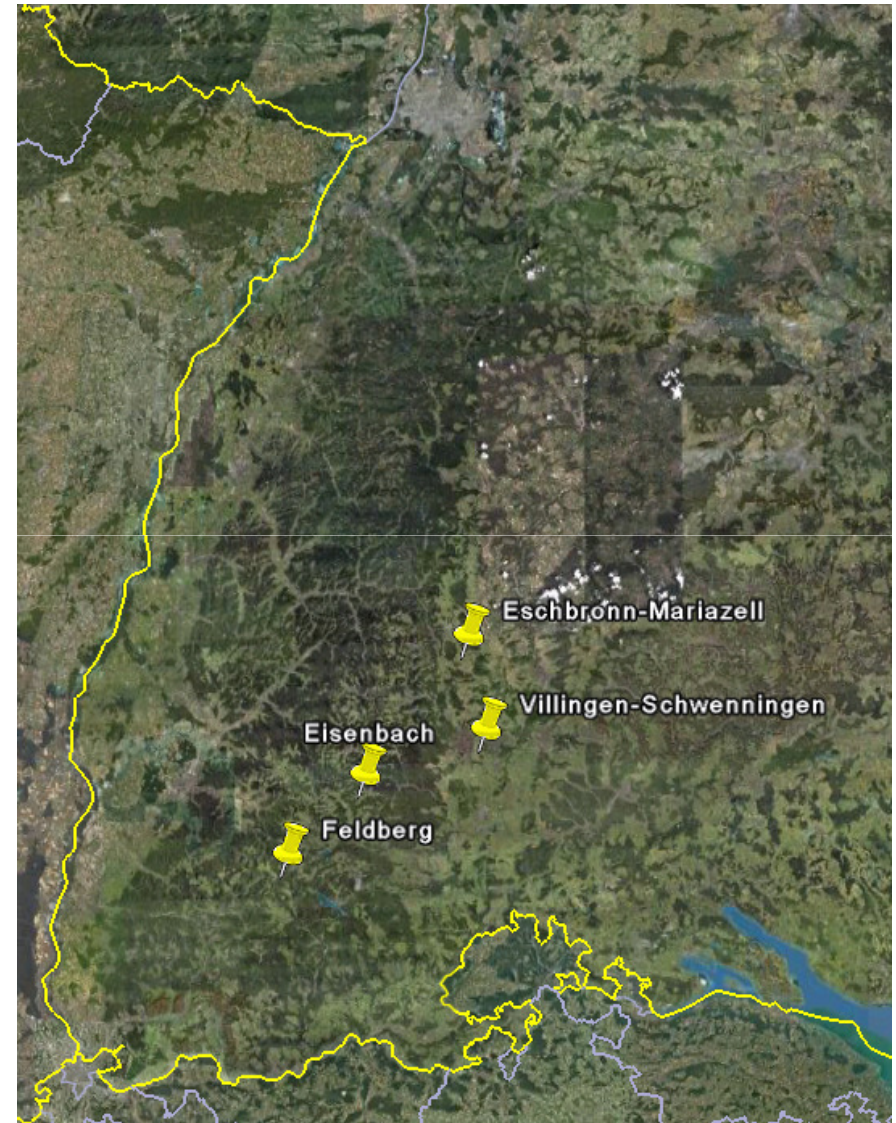
Pegel	EZG [km ²]	Charakteristik
Rottweil/Neckar	457	Mittelgebirge, nivo-pluvial
Kirchen-Hausen/Donau	756	
Schwaibach/Kinzig	953	
Domat/Alpenrhein	3 229	Hochgebirge, nival
Seedorf/Reuss	832	



Vorgehensweise

Untersuchte Schneemessstationen:

Station	Höhe [m ü. NN]	WHM
Eschbronn-Mariazell	714	Neckar
Villingen-Schwenningen	720	Donau
Eisenbach	976	Donau
Feldberg	1 486	Oberrheinzuflüsse

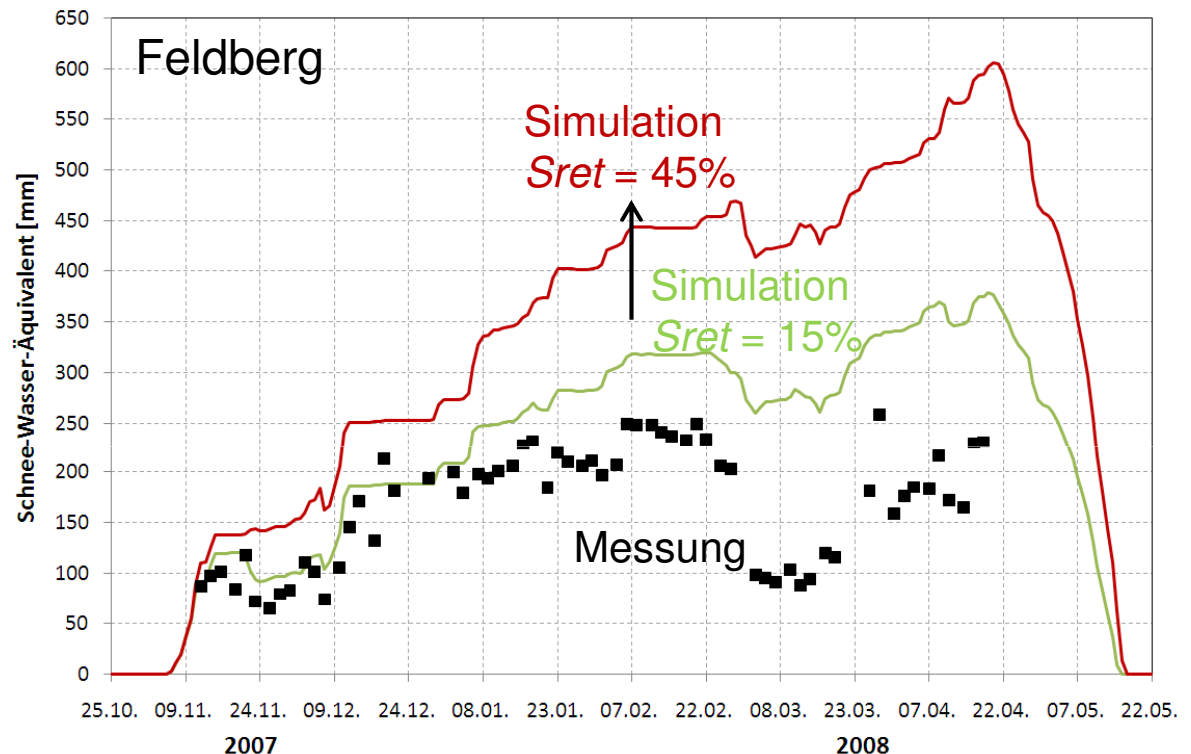


Ergebnisse

Max. Schnee-Ret. (S_{ret}) – Setzung nach Bertle:

Wirkungsweise:

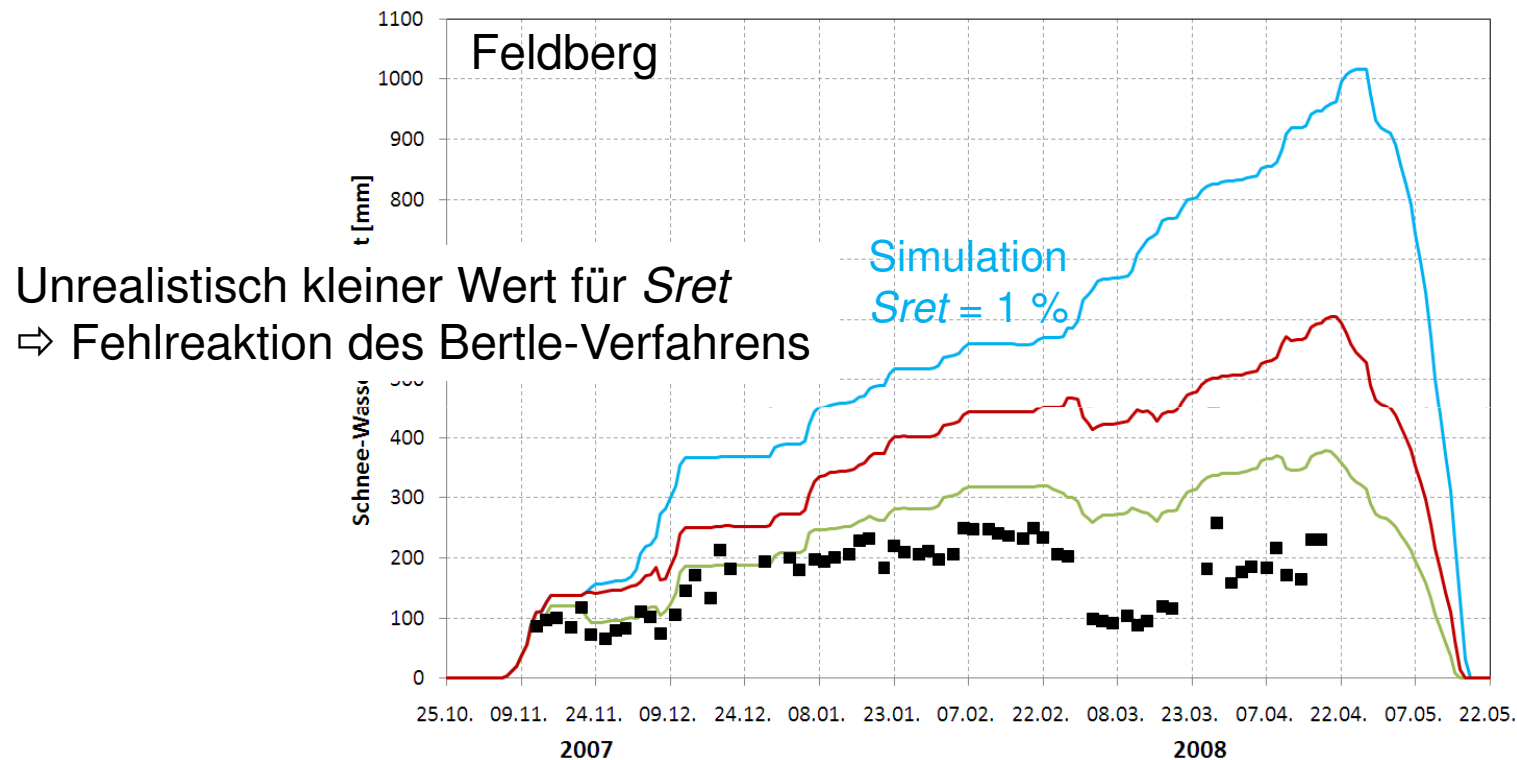
- Rückhalt in Schneedecke nimmt mit S_{ret} zu
- Schmelze wird geringer
- Schneedecke wird mächtiger



- Bislang Einzelparameter Max. Schnee-Ret. (ein Wert für gesamtes Modell)
- Nun PKB-spezifische Eichung des Parameters (S_{ret}) möglich.
⇒ Eichung sinnvoll (in merklich schneebeeinflussten Gebieten)

Ergebnisse

Zulässiger Wertebereich Max. Schnee-Ret. :

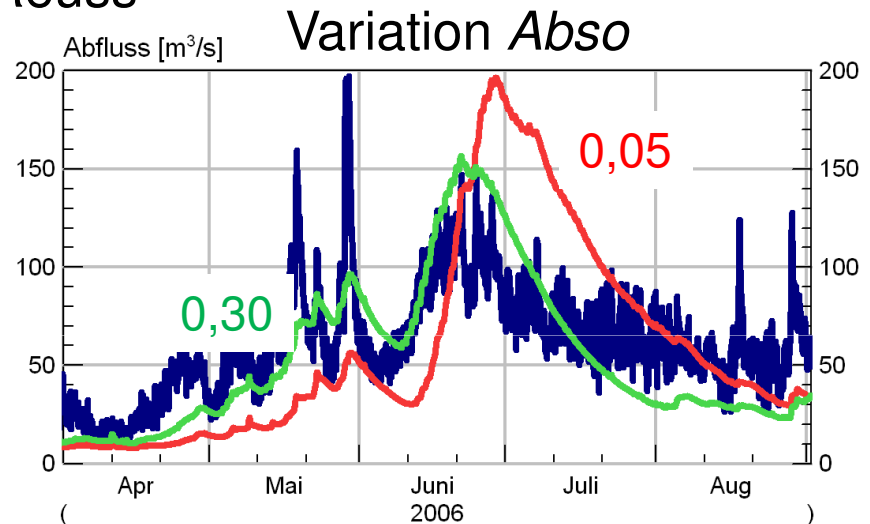
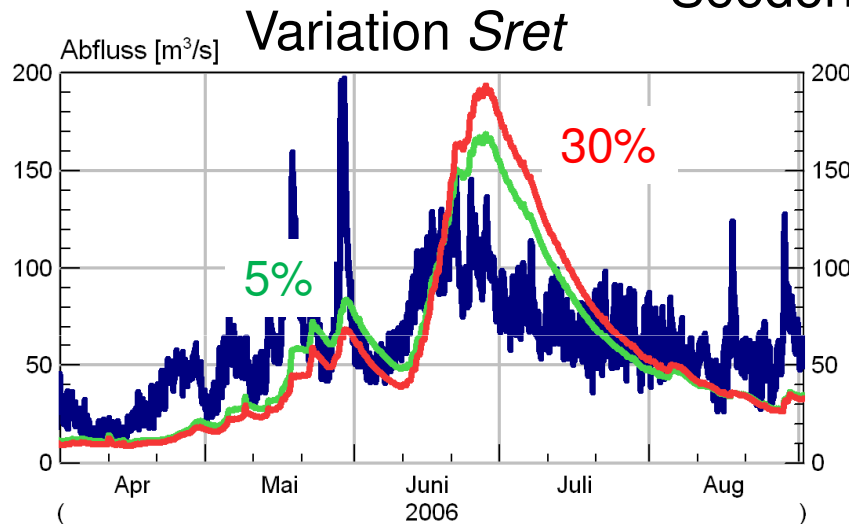


⇒ Physikalisch zulässiger Wertebereich für S_{ret} : $\geq 5\%$ - 47%

Ergebnisse

Variation von *Sret* oder *Abso*:

Seedorf / Reuss



Maximale Modellgüte **alpine** / **nivale** Einzugsgebiete:

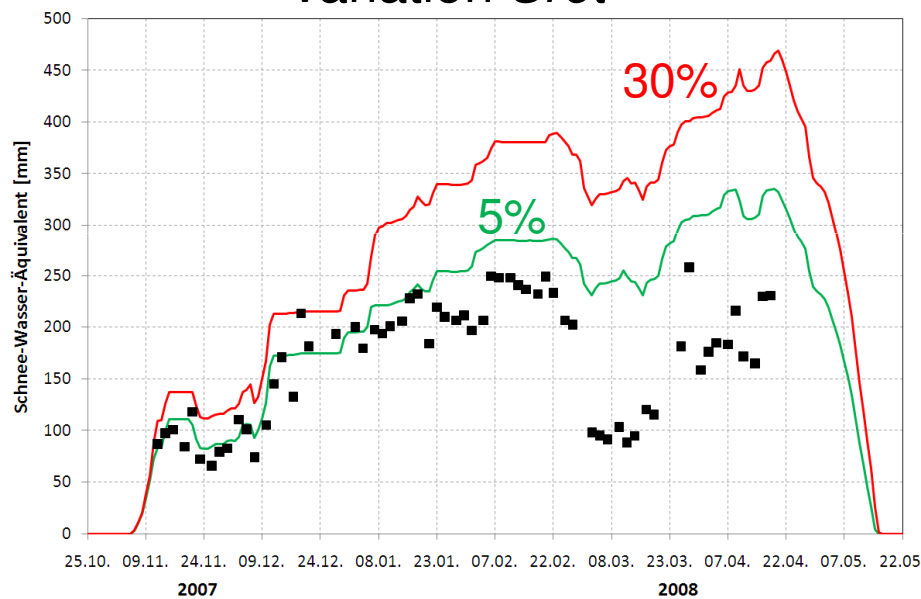
	Variation <i>Sret</i>			Variation <i>Abso</i>	
	<i>Sret</i>	NSC		<i>Abso</i>	NSC
Seedorf / Reuss	5%	0,44		0,30	0,44
Domat / Alpenrhein	5%	0,50		0,30	0,54

Ergebnisse

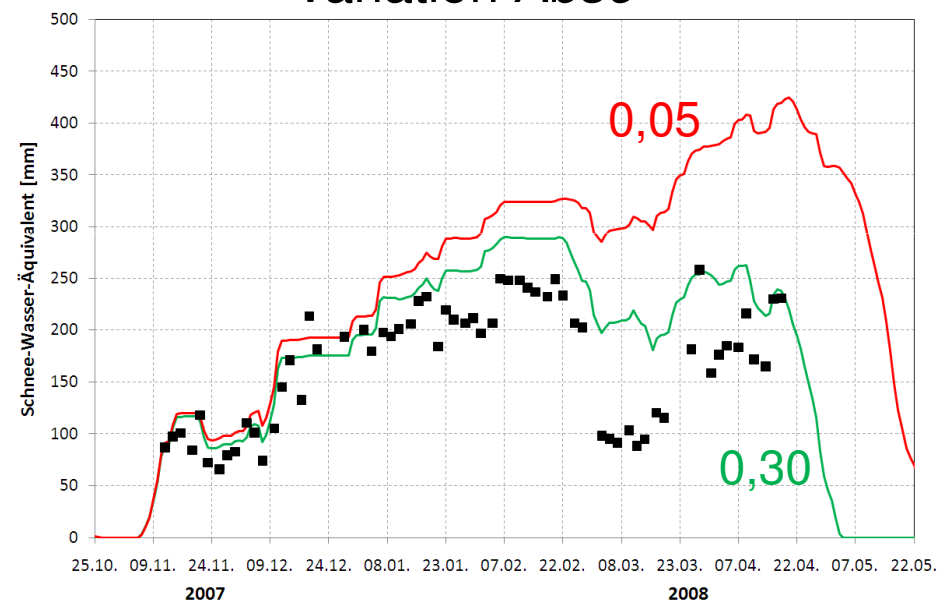
Variation von S_{ret} oder $Abso$:

Station Feldberg

Variation S_{ret}



Variation $Abso$



Ergebnisse

Variation von *Sret* **oder** *Abso*:

Maximale Modellgüte **nivo-pluviale** Mittelgebirgs-Einzugsgebiete:

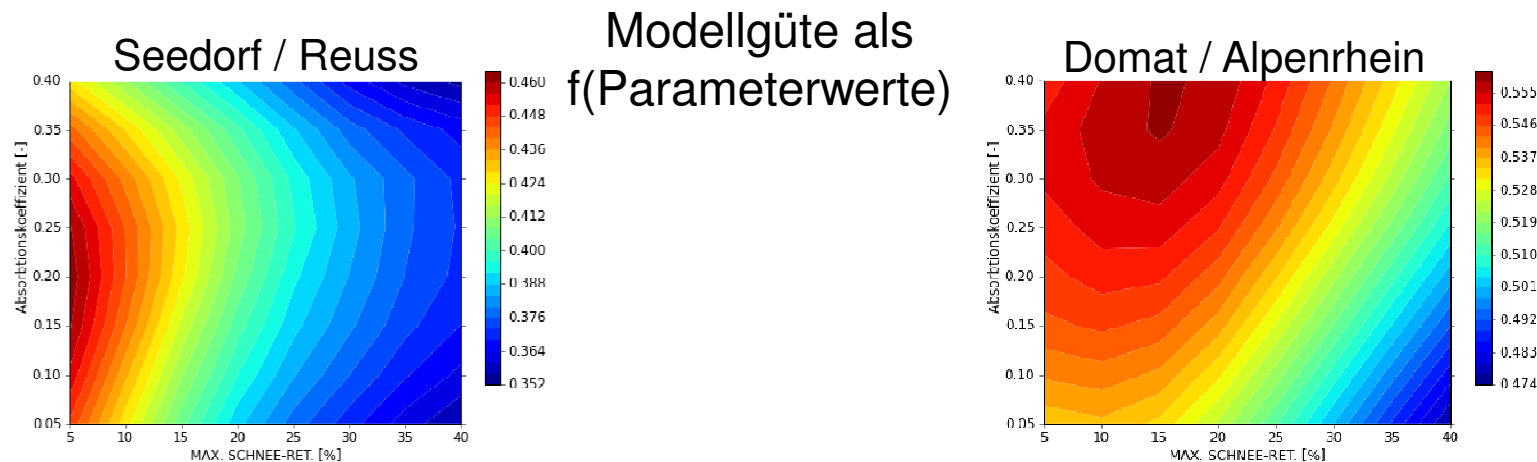
	Variation <i>Sret</i>			Variation <i>Abso</i>	
	<i>Sret</i>	NSC		<i>Abso</i>	NSC
Kirchen-Hausen / Donau	5%	0,84		0,30	0,85
Schwaibach / Kinzig	5%	0,88		0,30	0,89

- ⇒ *Abso* wirkt über Energiebilanz der Schneedecke, *Sret* wirkt über Setzung der Schneedecke.
- ⇒ Beide Parameter sind sensitiv für die Schneesimulation.
- ⇒ Häufig ähnliche Wirkung erzielbar, trotz unterschiedlicher Wirkungspfade.
- ⇒ Beste Ergebnisse meist für extreme Werte der Parameter (*Sret* 5%, *Abso* 0,30)
- ⇒ Durch Variation von *Abso* meist etwas bessere Anpassung erzielbar.

Ergebnisse

Gemeinsame Variation von *Sret* und *Abso*:
Maximale Modellgüte alpine / nivale Einzugsgebiete:

	Variation <i>Sret</i> und <i>Abso</i>		
	<i>Sret</i>	<i>Abso</i>	NSC
Seedorf / Reuss	5%	0,20	0,46
Domat / Alpenrhein	15%	0,40	0,56

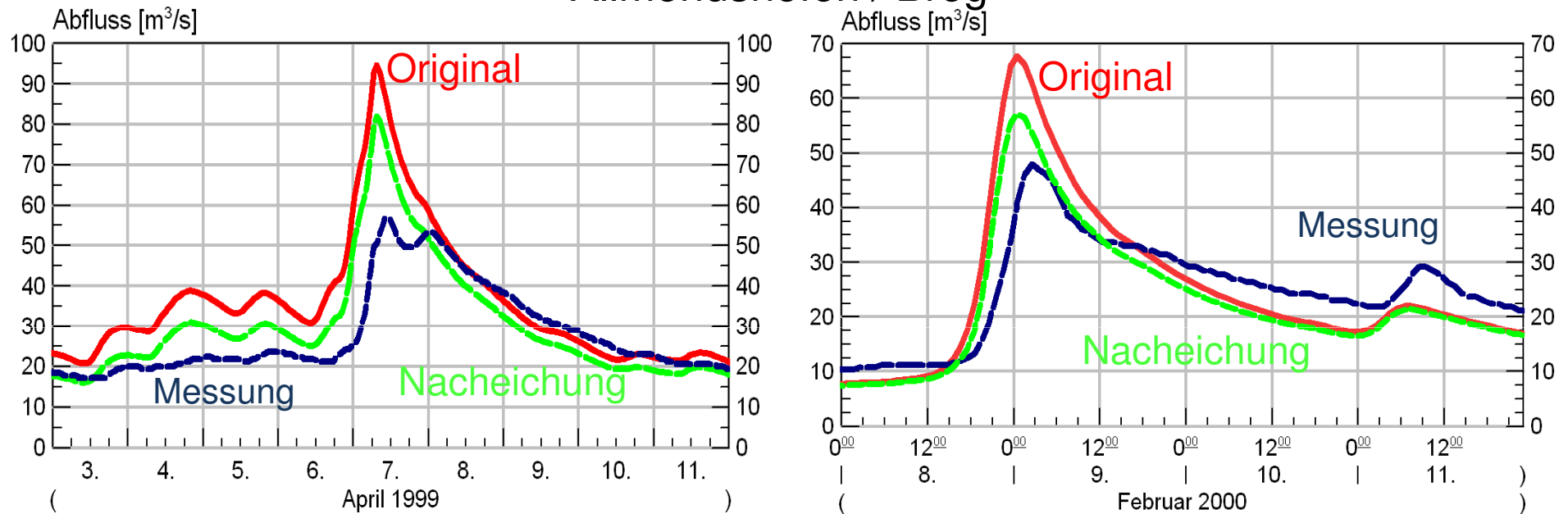


- Verbesserung durch gemeinsame Variation beider Parameter.
- Definiertes Optimum.
 - ⇒ Gleichzeitige Kalibrierung von *Sret* und *Abso* sinnvoll.

Ergebnisse

Exemplarische Nacheichung der Schneeparameter:

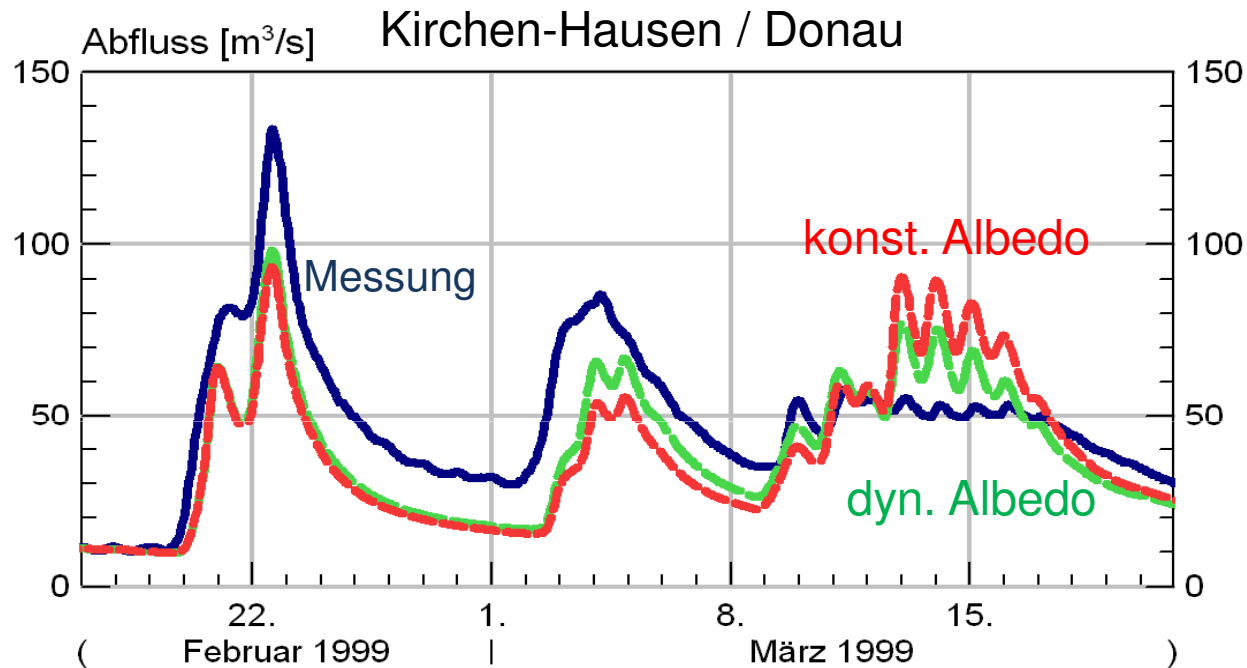
Allmendshofen / Breg



- ⇒ Verbesserung durch gleichzeitige Eichung von S_{ret} und Ab_{so} .
- ⇒ In stark schneebeeinflussten Gebieten auch Variation von a_0 und a_1 .
- ⇒ Deutlichste Wirkung in alpinen, nival geprägten Einzugsgebieten.

Ergebnisse

Dynamische Berechnung der Schneecalbedo (Schneecalterung):



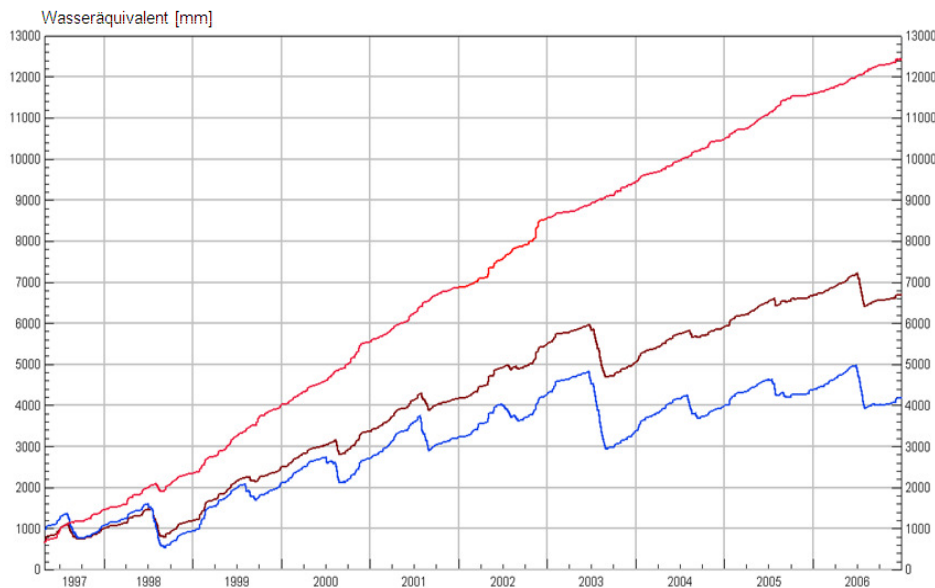
- ⇒ Durch Option SCHNEEALBEDO meist leichte Verbesserung der Schneesimulation.
- ⇒ Deutlichste Wirkung in alpinen, nival geprägten Einzugsgebieten.
- ⇒ Geänderte Bedeutung des Parameters *Abso* beachten.

Probleme und Lösungsansätze

Problem:

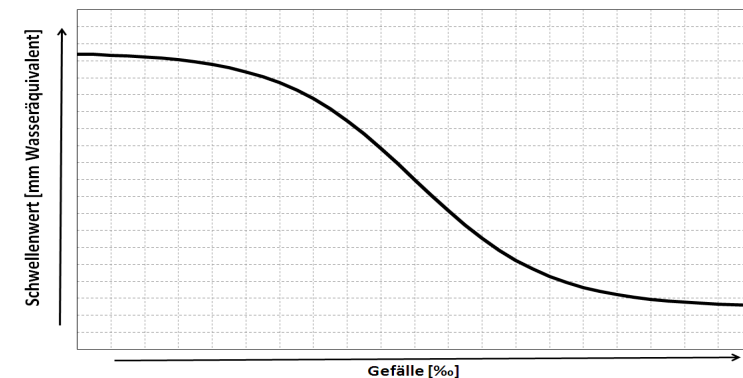
- Kontinuierlicher Aufbau von Schnee in sehr hoch gelegenen TGB.
- Bislang kein Massentransport von Schnee / Eis in LARSIM (Lawinen, Schneedrift, Gletscher).

Entwicklung in drei TGB des WHM Schweiz:



Lösung:

- Einfache Abbildung des Massentransports.
- Integrale Betrachtung der Prozesse.
- Erhalt der Massenbilanz.
- Transport in hydrologisch nachfolgendes TGB.
- Berücksichtigung interner Schneezustände.
- Schwellenwert in Abhängigkeit vom Gefälle.



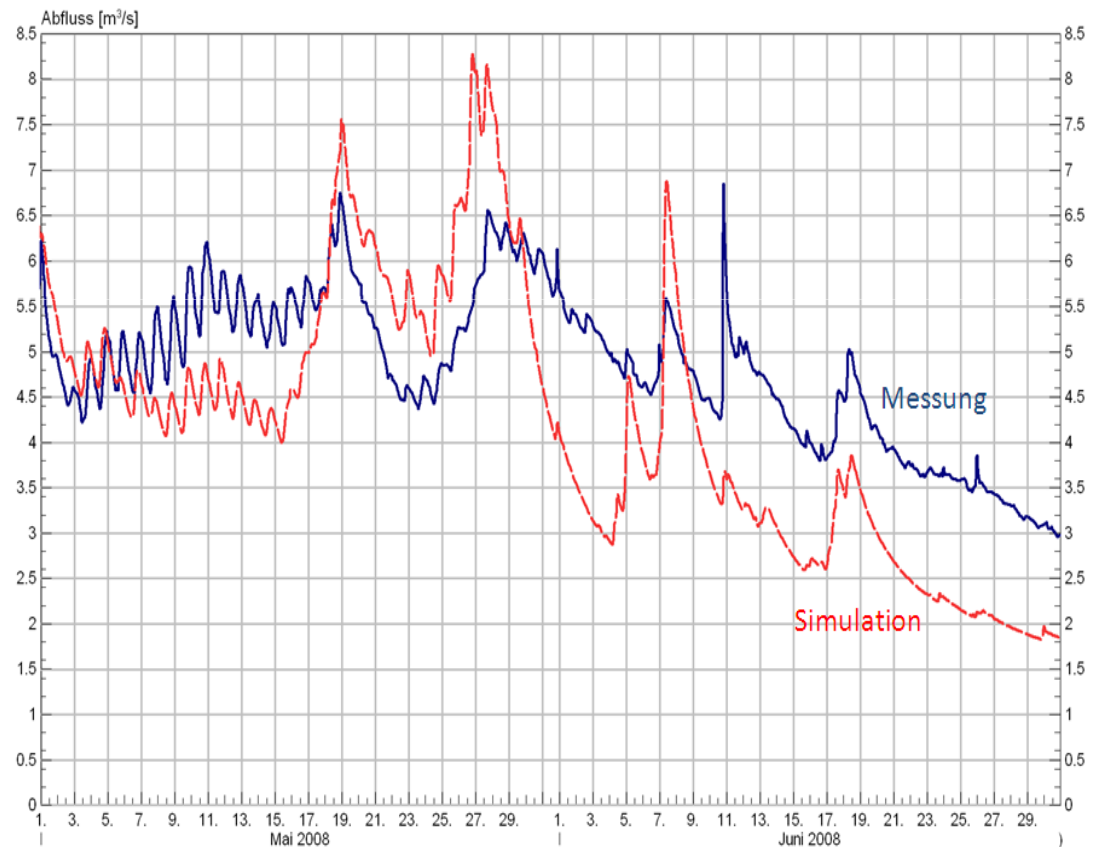
Probleme und Lösungsansätze

Problem:

- In hoch gelegenen, steilen (alpinen) Gebieten: Trotz Detailkalibrierung systematische Fehler bei Schneeschmelzabfluss.

Ursachen:

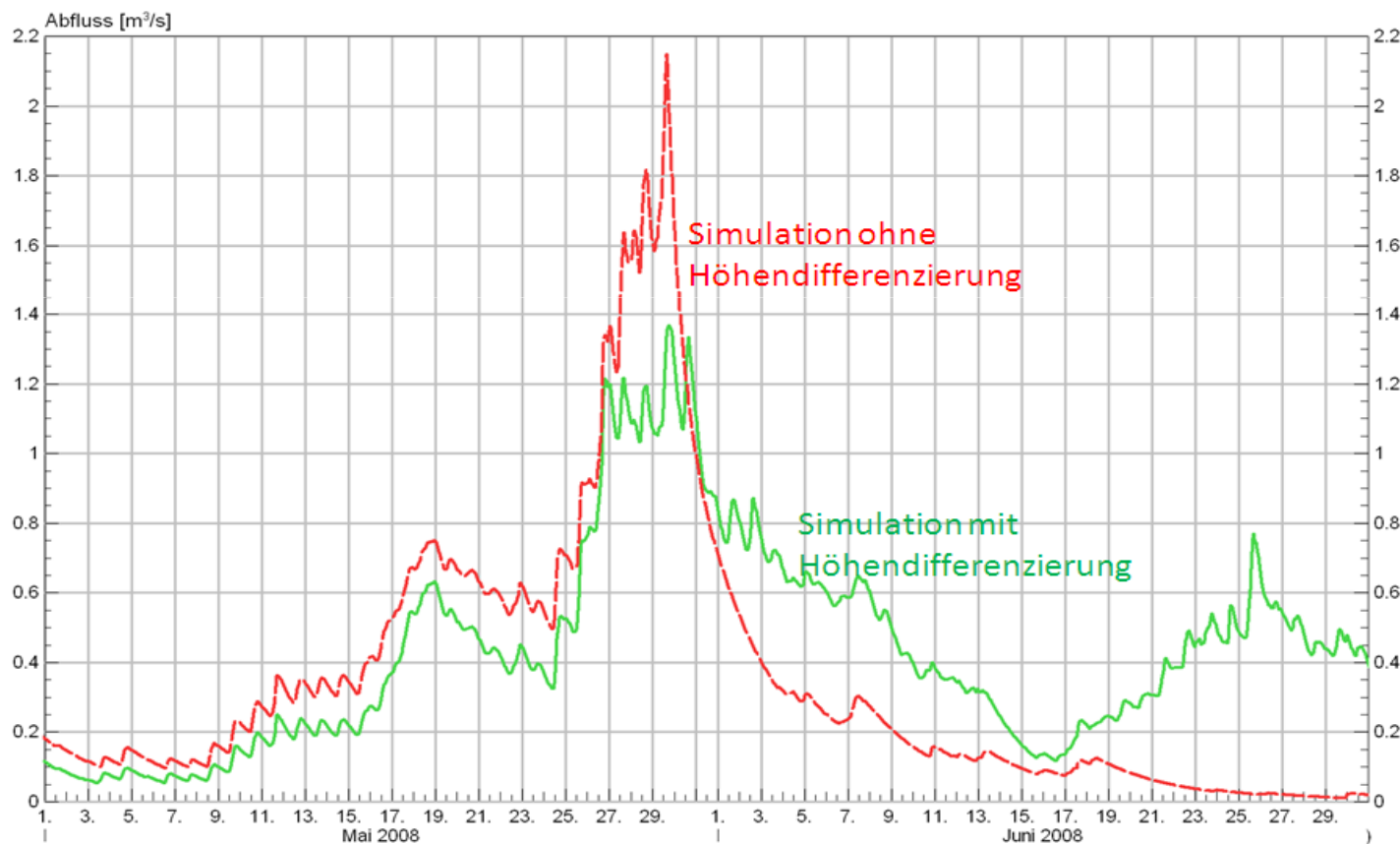
- In LARSIM: Eine Höhe je TGB und gleiche Exposition.
⇒ einheitliche Schmelze
- In Realität: Höhendifferenzierung und unterschiedliche Exposition in TGBs.
⇒ Schmelze beginnt früher und läuft über längere Zeit



Probleme und Lösungsansätze

Lösungsansätze:

- Differenzierung in Höhenzonen innerhalb von TGBs.
- Eventuell Berücksichtigung von Exposition und TGB-interne Differenzierung.



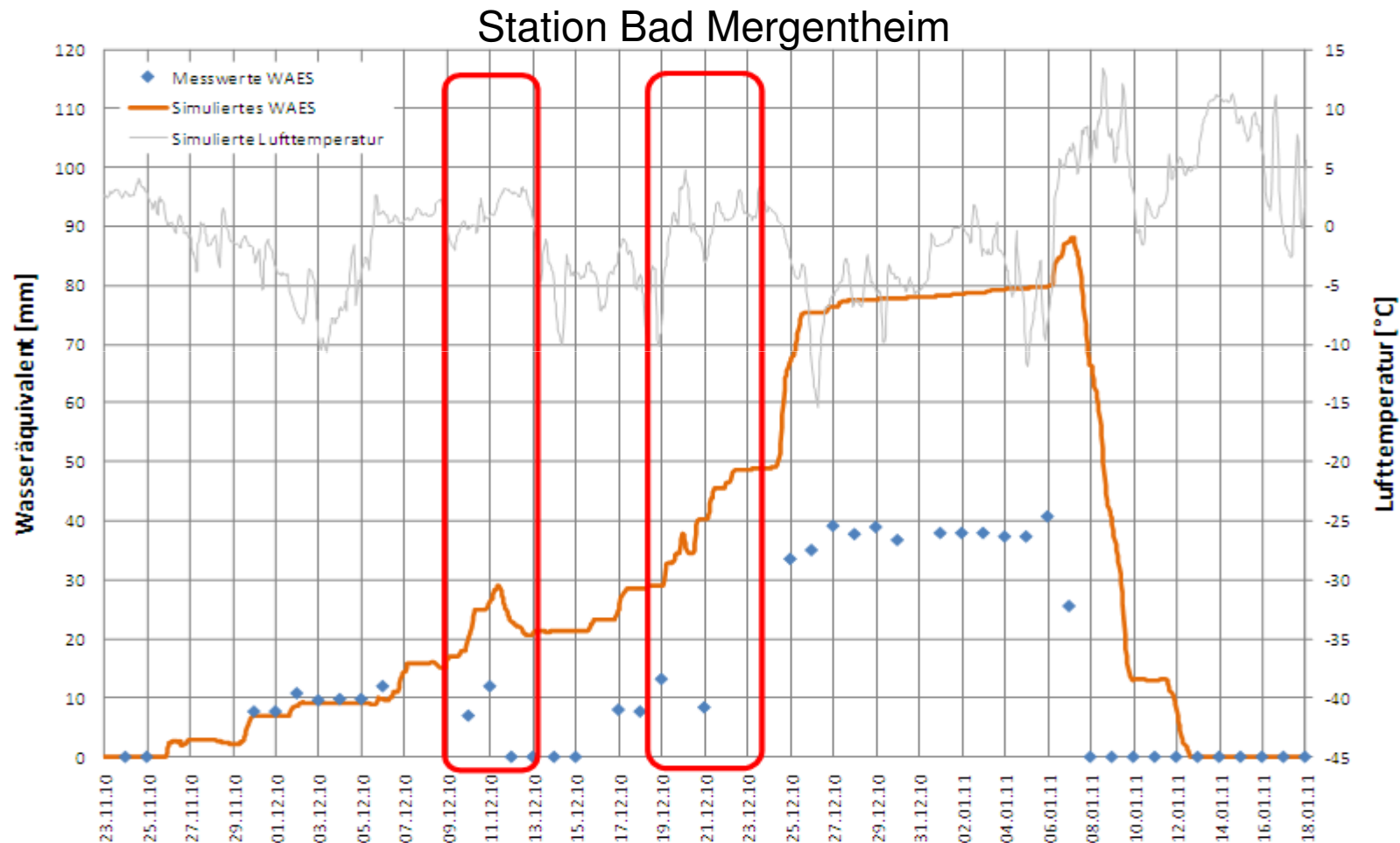
Probleme und Lösungsansätze

Problem:

- Grenztemperatur T_{Gr} für den Übergang von Schnee zu Regen ist hochgradig ereignis- bzw. zeitabhängig.
- Insbesondere bei Temperaturen nahe 0 °C kann es trotz detailliert geeichtem Schneemodell zum Auseinanderdriften von Simulation und Messung kommen.
- Erste Überschätzung der Schneedecke kann sich „aufschaukeln“ (selbst verstärkendes System).
- Dadurch können über längeren Zeitraum weiterhin deutliche Fehleinschätzungen (meist Überschätzungen) der Schneedecke entstehen.
- In der Folge kommt es zu zu spätem Einsetzen der Schneeschmelze (überschätzte Retentionswirkung der Schneedecke) und zu überhöhten Abflüssen.

Probleme und Lösungsansätze

„Aufschaukeln“ von Fehleinschätzungen bei Lufttemperaturen nahe 0 °C



Probleme und Lösungsansätze

Lösung:

- Vergleich zwischen simulierter und gemessener Schneedecke.
⇒ „Kontrolle“ der Schneesimulation notwendig.
- Nachführung der Schneedecke ist erforderlich.
Unterschiedliche Ansätze je nach Datenlage wie z.B.:
 - Einfache Korrektur für Höhenschichten anhand verfügbarer Schneeeinformationen (Messungen, Berichte ...).
 - Neuberechnung der Schneesustände mit angepasster Grenztemperatur auf Grundlage verfügbarer Schneeeinformationen.
 - Nachführung der Schneedecken (WHM-Zustand) anhand zuvor regionalisierter Schneemessdaten (Programme: HVZ_SnowRegio, HVZ_SnowUpdate).
 - Nachführung der Schneedecken (WHM-Zustand) anhand der Ergebnisse von (nachgeführtem) SNOW4 (Programm: HVZ_SnowUpdate / SCHNEE_OPTI).

Zusammenfassung

- Die Kombination der Optionen <SCHNEE KNAUF, 2006>, <BODENTEMPERATUR> und <SNOW COMPACTION 2> eignet sich zur Simulation der Schneedynamik.
- Durch die dynamische Berechnung der Schneealbedo können die Ergebnisse häufig noch leicht verbessert werden.
- Alternative Setzungsverfahren (SNOW COMPACTION UEB) wurden nicht untersucht.
- Mithilfe einer detaillierten Eichung der Knauf-Parameter (Energiebilanz) und des Bertle-Parameters S_{ret} (Setzung) kann die Schneesimulation verbessert werden.
- Hinsichtlich der Parameter-Sensitivität gilt folgendes:
 $Abso > S_{ret} \gg a_0$ und a_1
- Für S_{ret} (Max. Schnee-Ret.) darf der Minimalwert von 5% nicht unterschritten werden.
- Die Grenztemperatur T_{Gr} ist zeit- bzw. ereignisabhängig.

Empfehlungen

- Bei Neu- oder Nachzeichnungen eines kompletten Gebiets sollte die Option <SCHNEEALBEDO> mit verwendet werden. Das simple Einschalten der Option mit einer pauschalen Parameterkorrektur wird nicht empfohlen.
- In mäßig schneebeeinflussten Gebieten reicht die Eichung der Parameter *Abso* und *Sret* aus.
- In stark schneebeeinflussten Gebieten bringt die Einbeziehung von *a0* und *a1* weitere Verbesserungen.
- In schneereichen alpinen Gebieten ergeben sich mit minimalen *Sret*-Werten von 5% zumeist die besten Ergebnisse (Startwerte für die Eichung).
- Im Mittelgebirgsbereich ergeben sich uneinheitliche Optima für *Sret*, die meist zwischen 10% und 30% liegen.
- Im operationellen Betrieb sollte trotz detaillierter Eichung des Schneemodells die Entwicklung der Schneedecke kontrolliert und nötigenfalls korrigiert werden.

Ausblick

- Das Problem eines kontinuierlichen Schneeaufbaus in extrem hoch gelegenen alpinen Teilgebieten wird durch einen einfachen Ansatz zum Massentransport gelöst.
- Zukünftig soll es möglich werden, in LARSIM eine teilgebietsinterne Höhendifferenzierung sowie ggf. eine Differenzierung der Exposition vorzunehmen.
- Die bestehenden Möglichkeiten zur Kontrolle und Korrektur der simulierten Schneedecke werden weiter verbessert.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!