

Berücksichtigung des Schneeeinflusses bei der Hochwasservorhersage in Baden-Württemberg

Ingo Haag und Angela Sieber

HYDRON Ingenieurgesellschaft für
Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Manfred Bremicker

Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg

Inhalt

- (1) Problemstellung und Zielsetzung
- (2) Schneesimulation an HVZ BW
- (3) Beispiel Winter 2010 / 2011
- (4) Lösungsansätze an der HVZ BW
 - Regen oder Schnee?
 - Langfristiger Schneespeicher
 - Weitere Maßnahmen
- (5) Zusammenfassung

Problemstellung

Pluvio-nivale Mittelgebirgseinzugsgebiete mit schneebeeinflussten Winterhochwassern:

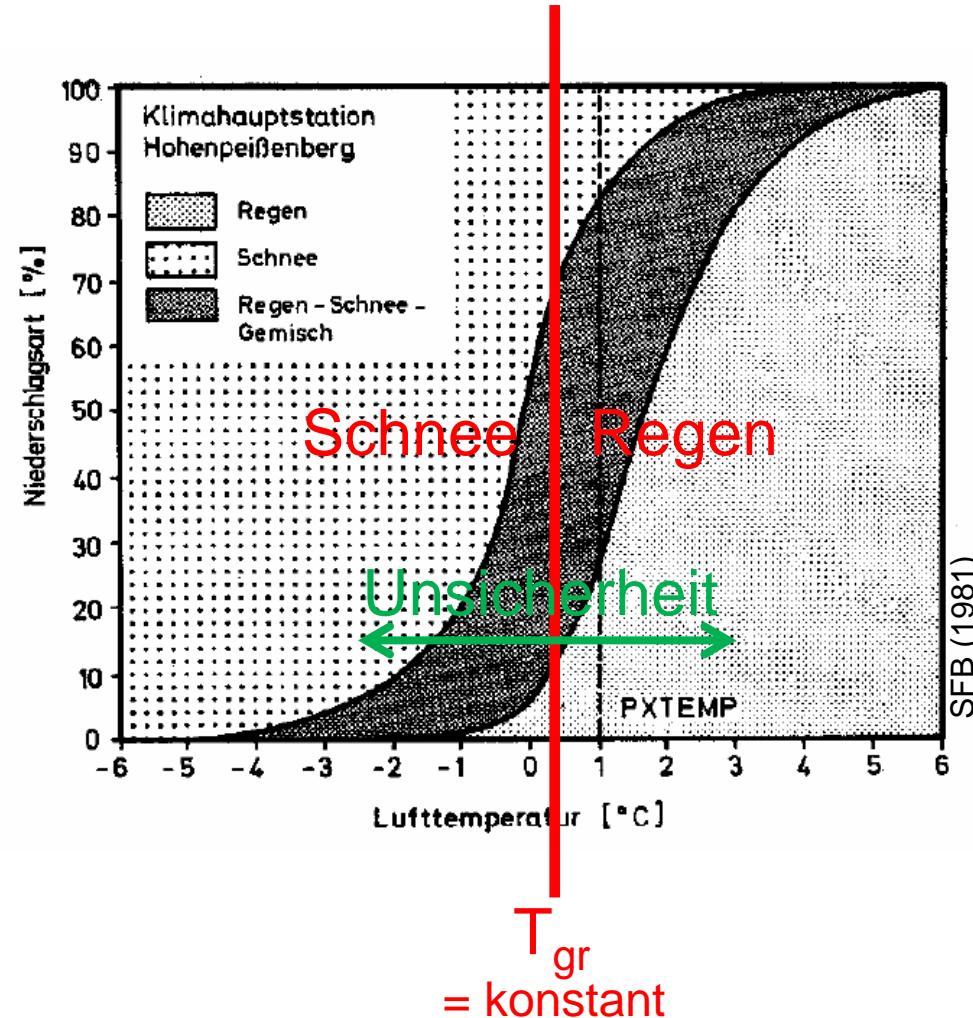
- Schnee oder Regen?
Grenztemperatur zeitlich und räumlich variabel.
 - Schwer zu erfassende Prozesse:
Energiebilanz, Metamorphose, Setzung und Schmelze der Schneedecke (raum-zeitliche Variabilität)
 - Langfristiger Schneespeicher:
Quantifizierung und Zustand des Schnees vor Ereignis
- ⇒ Herausforderung: Korrekte Vorhersage schneebeeinflusster Winterhochwasser

Zielsetzung

- Schneesimulation in LARSIM-Modellen der HVZ BW
- Ursachen weshalb trotzdem Fehleinschätzungen
- am Beispiel des Winters 2010 / 2011
- Identifikation der Problemfälle
- Lösungsansätze der HVZ BW und
- Veranschaulichung ihrer Wirkungsweise

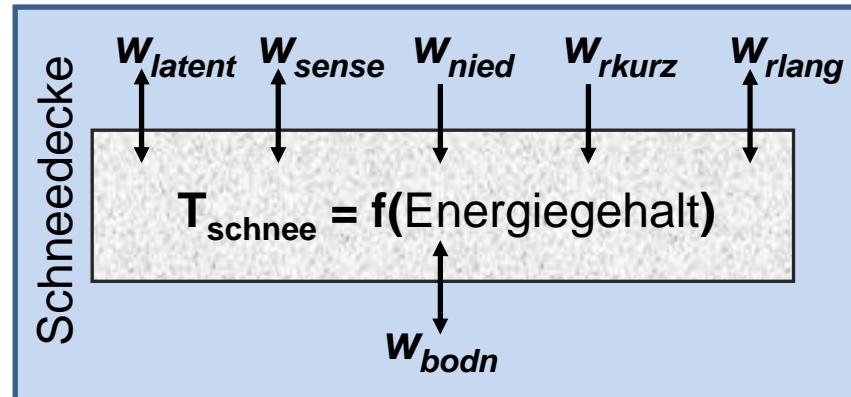
Schneesimulation an der HVZ BW

Übergang von Schnee in Regen:



Schneesimulation an der HVZ BW

Energiebilanz der Schneedecke:

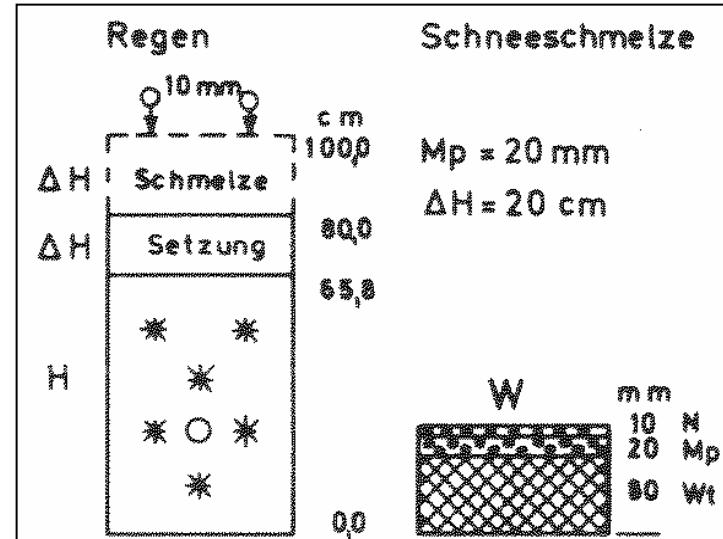


- Berücksichtigung aller relevanten Wärmeströme
- Kopplung von Energie- und Wasserbilanz
- Dynamische Entwicklung von Bodenwärmestrom und Schneearbedo
- Berücksichtigung des Vegetationseinflusses
- Berücksichtigung des Energiegehalts der Schneedecke

Schneesimulation an der HVZ BW

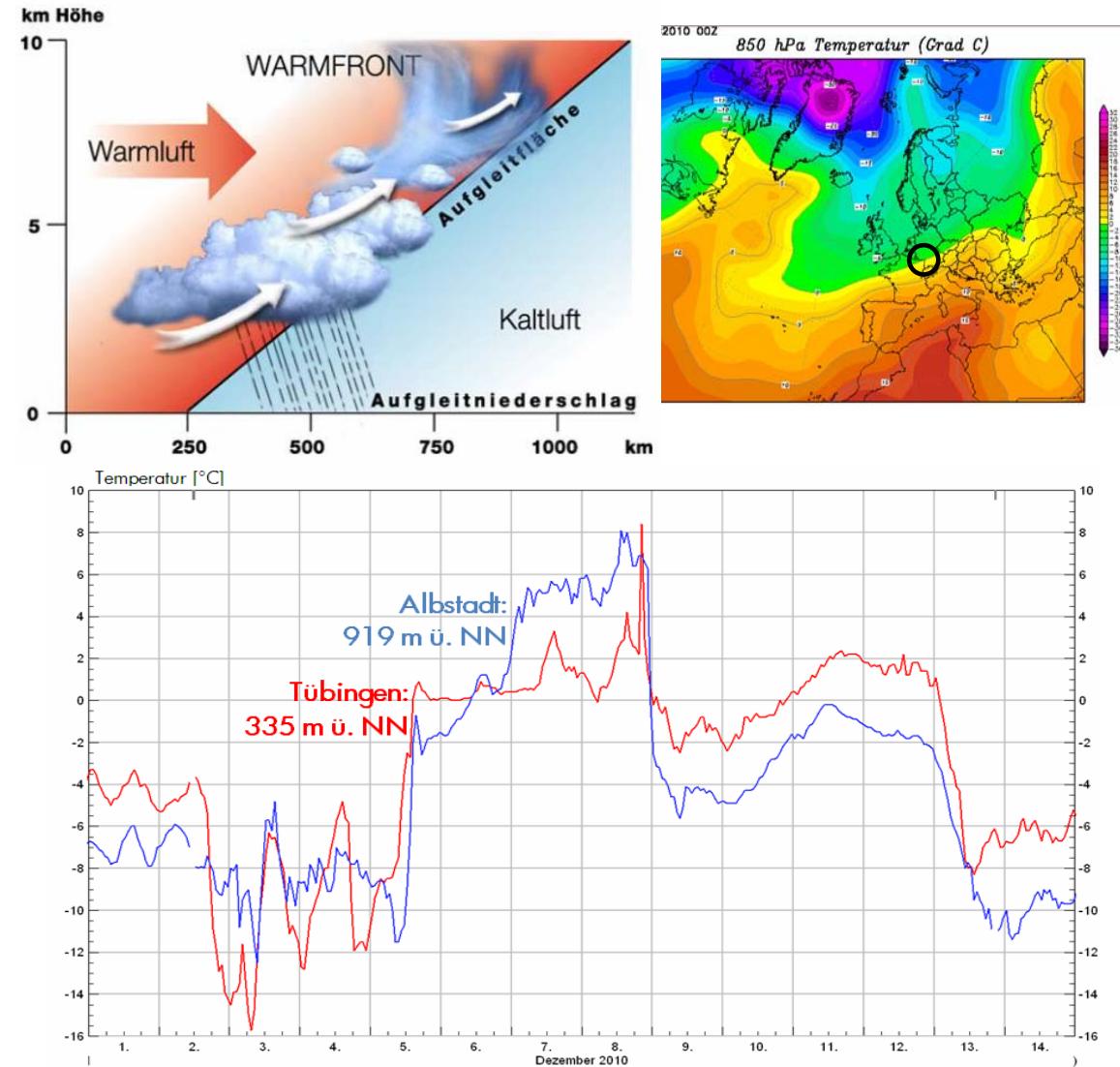
Setzung und tatsächliche Schmelze der Schneedecke:

- Bertle-Verfahren (Snow Compaction 2)
 - Berücksichtigung von Metamorphose und Setzung
 - Berücksichtigung des Wasserrückhalts in Schneedecke
- ⇒ **Energiebilanz und Setzung werden detailliert und physikalisch basiert simuliert**
- ⇒ **Trotzdem können wetterlagenabhängig Fehleinschätzungen (vor allem bei T_{gr}) auftreten**



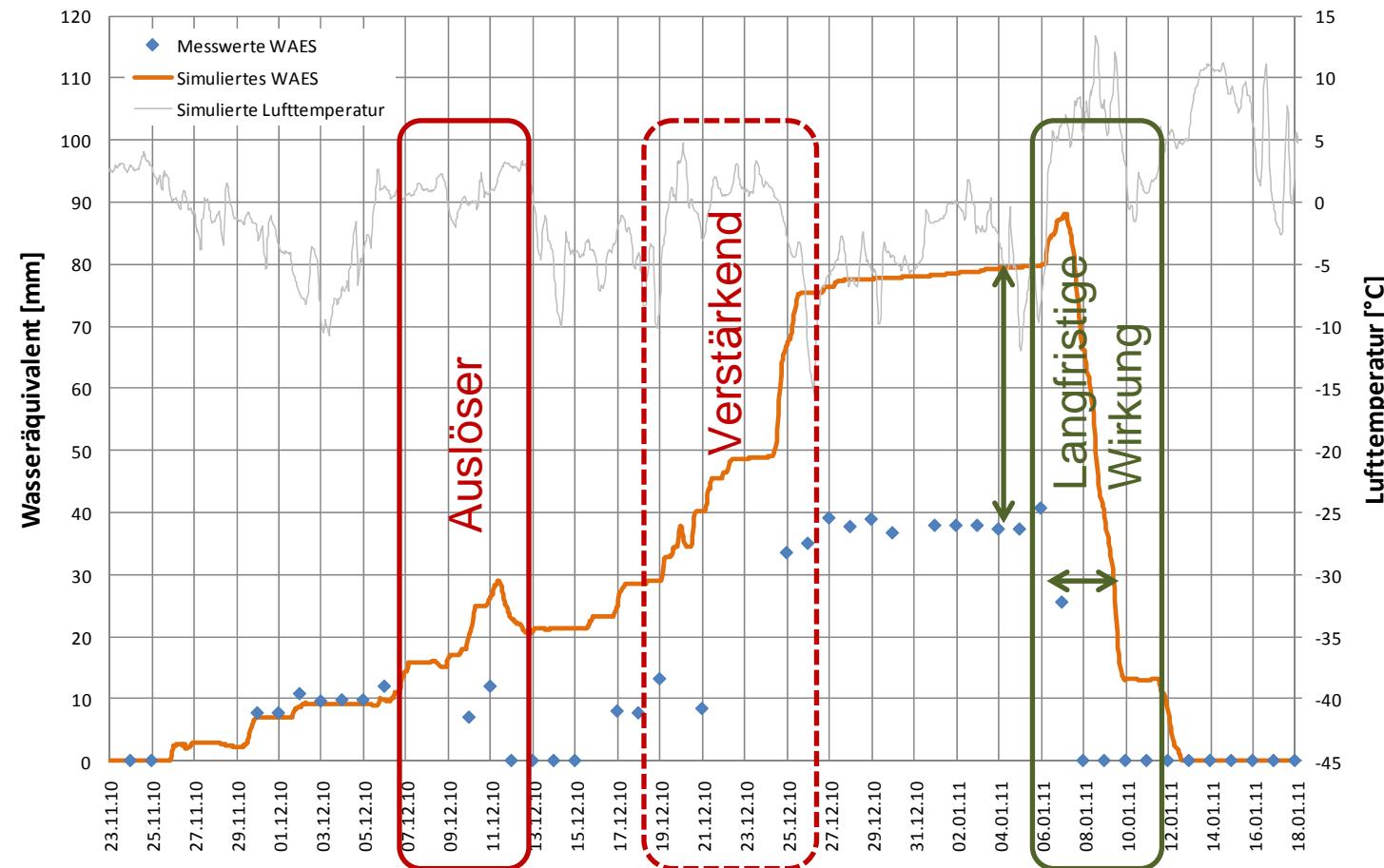
Beispiel Winter 2010 / 2011

- **Dezember 2010:**
Niederschläge aus
stationärer
Aufgleitfront
- **Real:**
Bodennähe $\sim 0^\circ\text{C}$
Trotzdem: Regen aus
aufgleitender Warmluft
- **Modell:**
Bei $T_{\text{gr}}=+0,5^\circ\text{C}$:
Simulation von Schnee



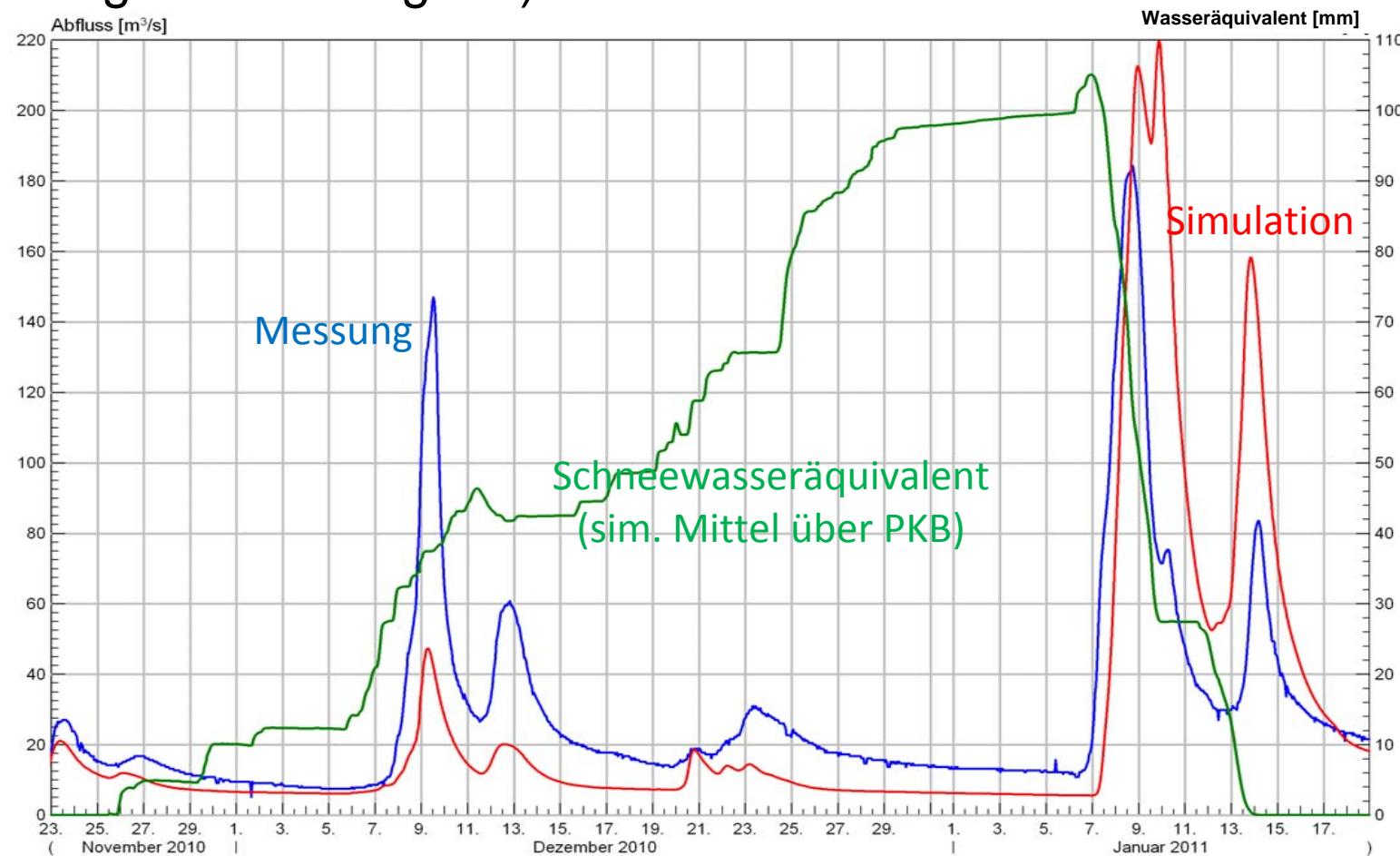
Beispiel Winter 2010 / 2011

Beispiel Schneemessstation Bad Mergentheim
(Ohne korrigierende Eingriffe)



Beispiel Winter 2010 / 2011

Beispiel Pegel Bad Mergentheim (Ohne korrigierende Eingriffe)



Beispiel Winter 2010 / 2011

Ursache für Fehleinschätzung:

- Zu hohe Grenztemperatur infolge besonderer Wetterlage im Dezember
- ⇒ Ohne korrigierende Eingriffe
- Erste Fehleinschätzung bei HW Anfang Dezember: Q unterschätzt, Schneedecke überschätzt
 - Selbstverstärkender Effekt überschätzter Schneedecke
 - (Weiterer) Aufbau zu mächtiger und zu großflächiger Schneedecke im Dezember
 - Überschätzung des HW bei Schneeschmelze Anfang Januar

Beispiel Winter 2010 / 2011

Resultierende Problemfälle:

Lösungsansätze der HVZ BW

- Schnee oder Regen?

Kurzfristig korrekte Abschätzung des Wasserdargebots und des resultierenden Abflusses (auch ohne vorhandene Schneedecke)
(z.B. Hochwasser vom Dezember 2010)

✓ Berücksichtigung der Unsicherheit in Lagebeurteilung und Auswahl wahrscheinlichster Vorhersage (seit 2011)

- Langfristige Fehleinschätzung der Schneedecke?

Korrekte Einschätzung des bei der Schneeschmelze verfügbaren Wasserdargebots und resultierenden Abflusses
(z.B. Hochwasser vom Januar 2011)

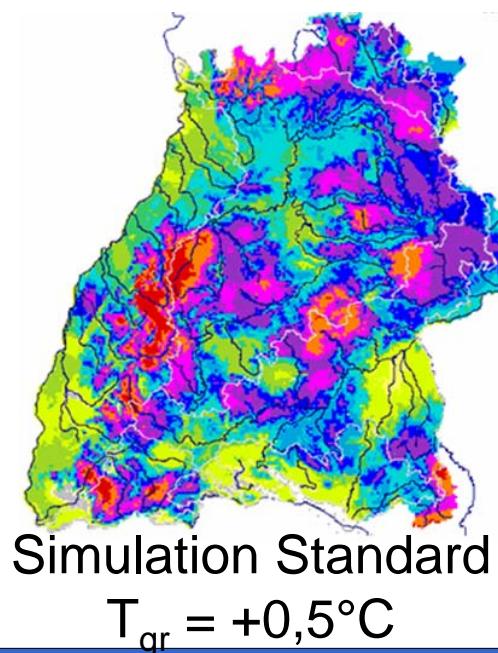
✓ Kontrolle und bedarfsweise Nachführung der Schneedecke (seit 2007)

Lösungsansatz - Regen oder Schnee?

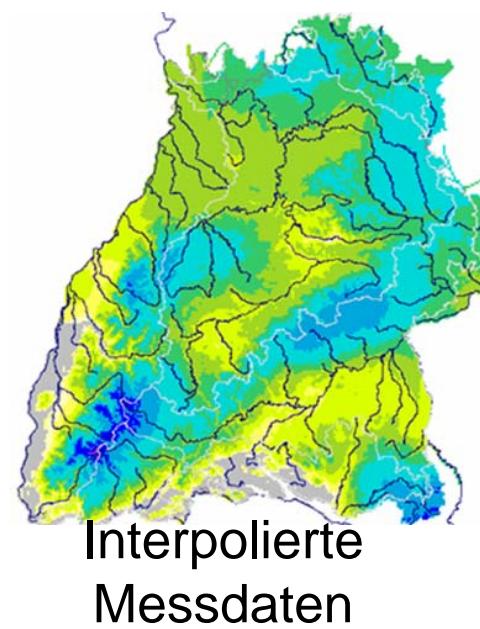
Grenztemperatur wetterlagenabhängig, zeitlich variabel

⇒ Im Dezember 2010 wäre aufgrund der besonderen Wetterlage eine tiefere Grenztemperatur besser gewesen

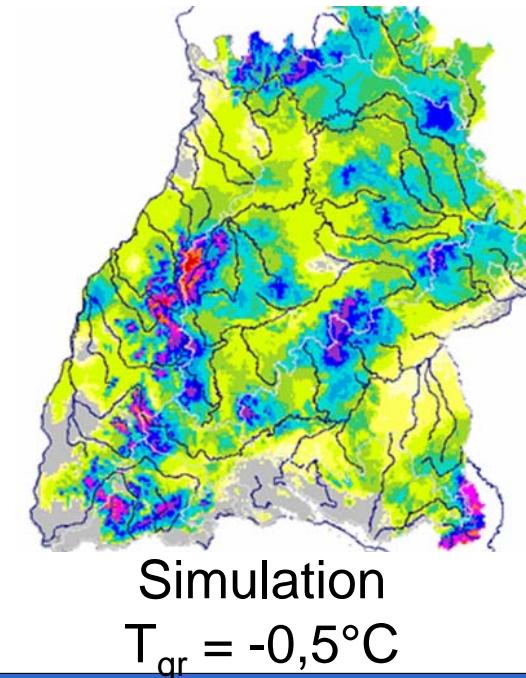
Schneewasseräquivalente 6. Januar 2011



Simulation Standard
 $T_{gr} = +0,5^{\circ}\text{C}$



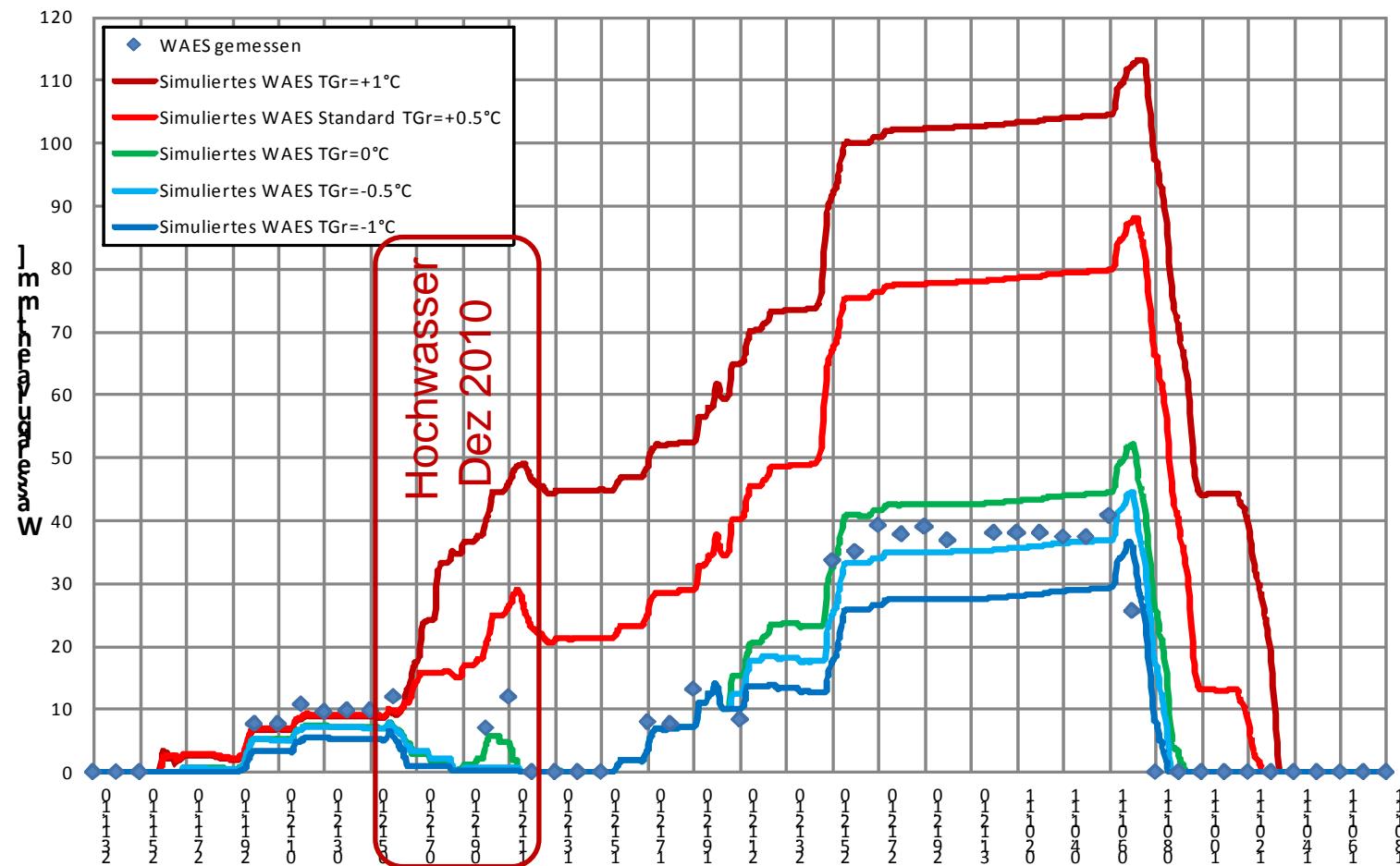
Interpolierte
Messdaten



Simulation
 $T_{gr} = -0,5^{\circ}\text{C}$

Lösungsansatz - Regen oder Schnee?

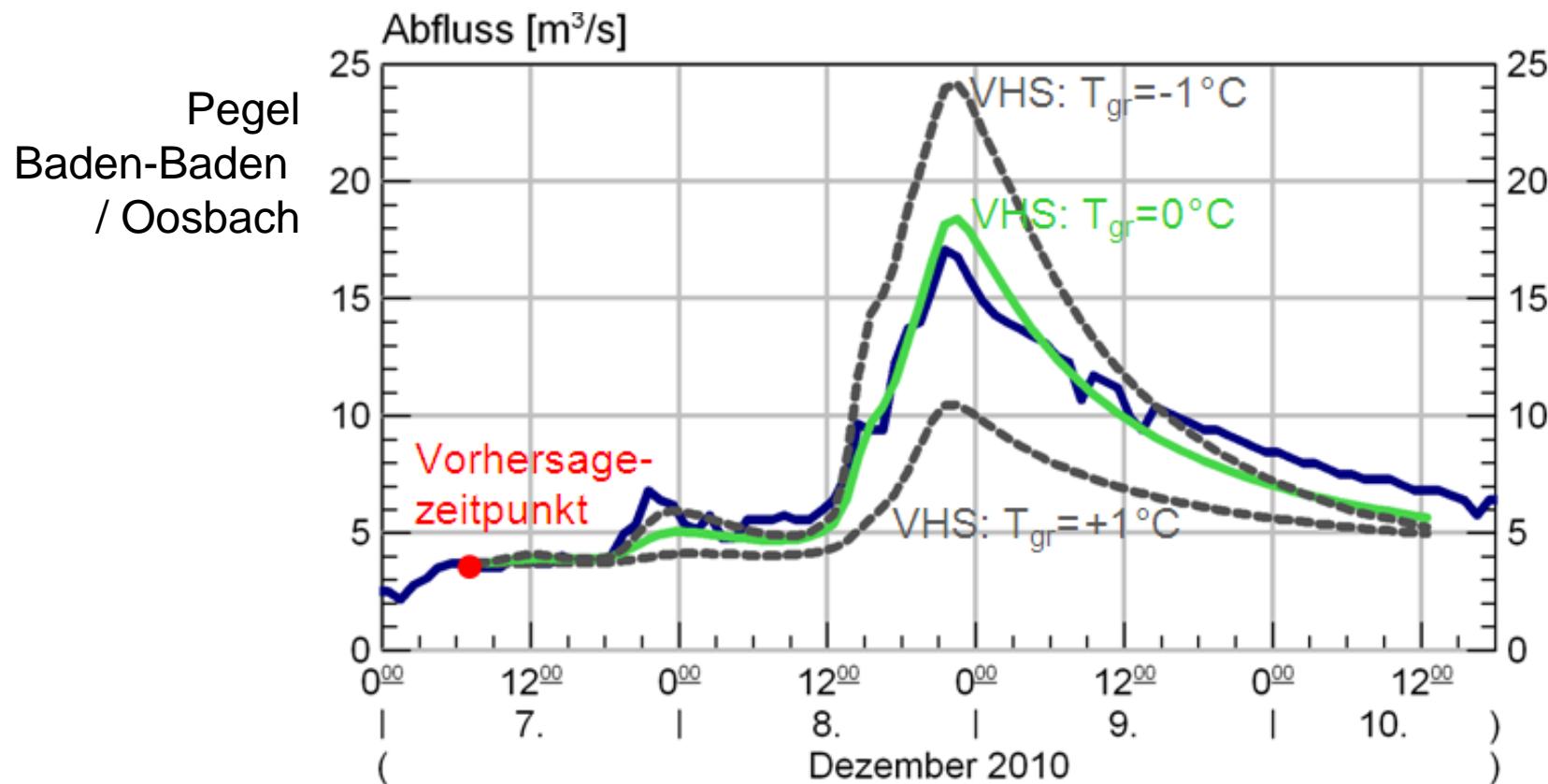
Sensitivität von T_{gr} im Bereich -1°C bis $+1^{\circ}\text{C}$
(Station Bad Mergentheim)



Lösungsansatz - Regen oder Schnee?

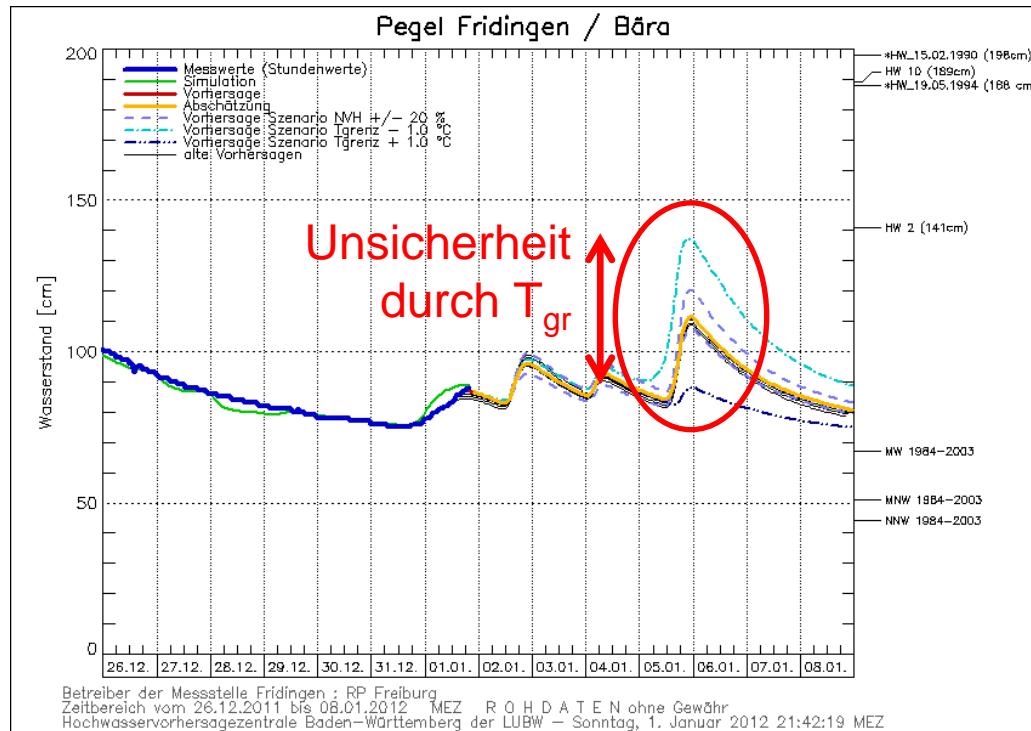
Grenztemperatur a priori nicht bekannt

⇒ Berücksichtigung der Vorhersageunsicherheit durch Ensemblerechnung mit variablem T_{gr}



Lösungsansatz - Regen oder Schnee?

Operationell (betriebsintern, seit 2011)



- Identifikation kritischer Situationen (bereits im Vorfeld)
- Abschätzung der Vorhersageunsicherheit
- Berücksichtigung in der Lagebeurteilung
- Auswahl wahrscheinlichster T_{gr} unter Einbeziehung aller verfügbaren Informationen

Lösungsansatz - Nachführung

Langfristige Fehleinschätzung der Schneedecke möglich

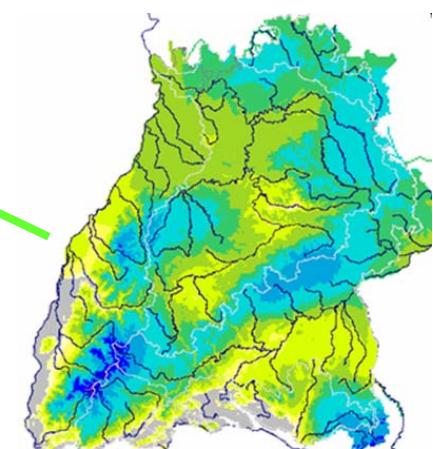
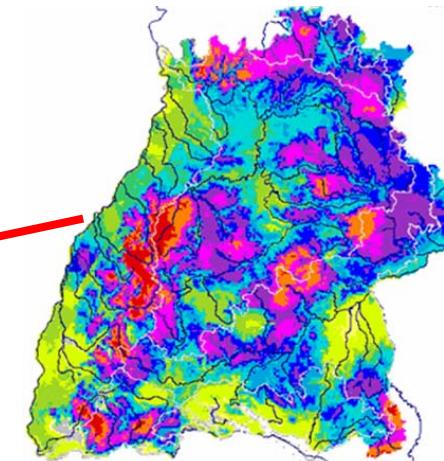
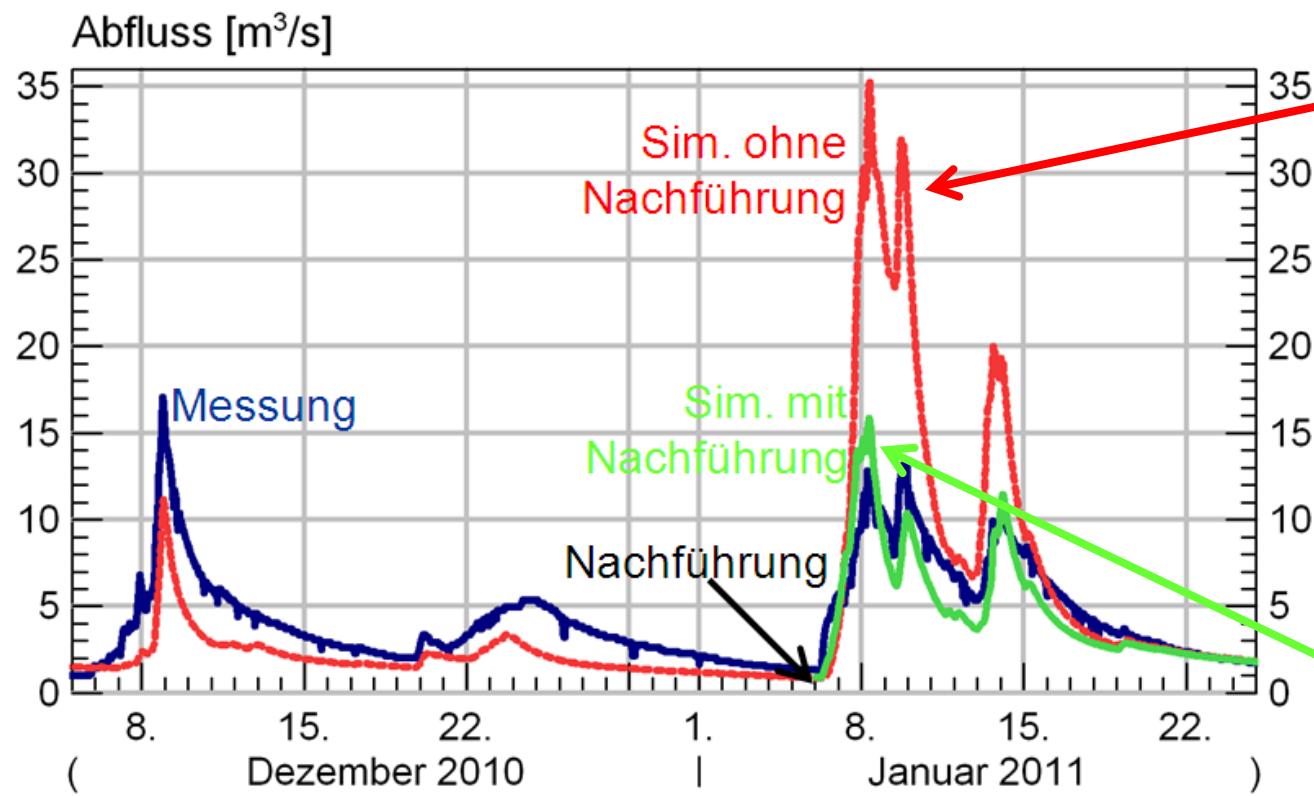
⇒ **Kontrolle der Simulation und bedarfsweise Schneenachführung anhand von Messdaten**

- Automatisierte Regionalisierung gemessener Schneewasseräquivalente mit HVZ_SnowRegio
 - Vergleich und Beurteilung der interpolierten Messdaten mit flächenhafter Schneesimulation und Satellitendaten
 - Falls erforderlich, Nachführung der Schneezustände mit HVZ_SnowUpdate (graduell oder vollständig, kritische Bewertung der interpolierten Messdaten)
- ⇒ Seit 2007 erfolgreich im Einsatz
- ⇒ z.B. vor Hochwasser Jan. 2011 erfolgreich eingesetzt
- ⇒ Fortlaufende Optimierung der Verfahren

Schneespeicher? - Nachführung

Wirkung der Schneenachführung

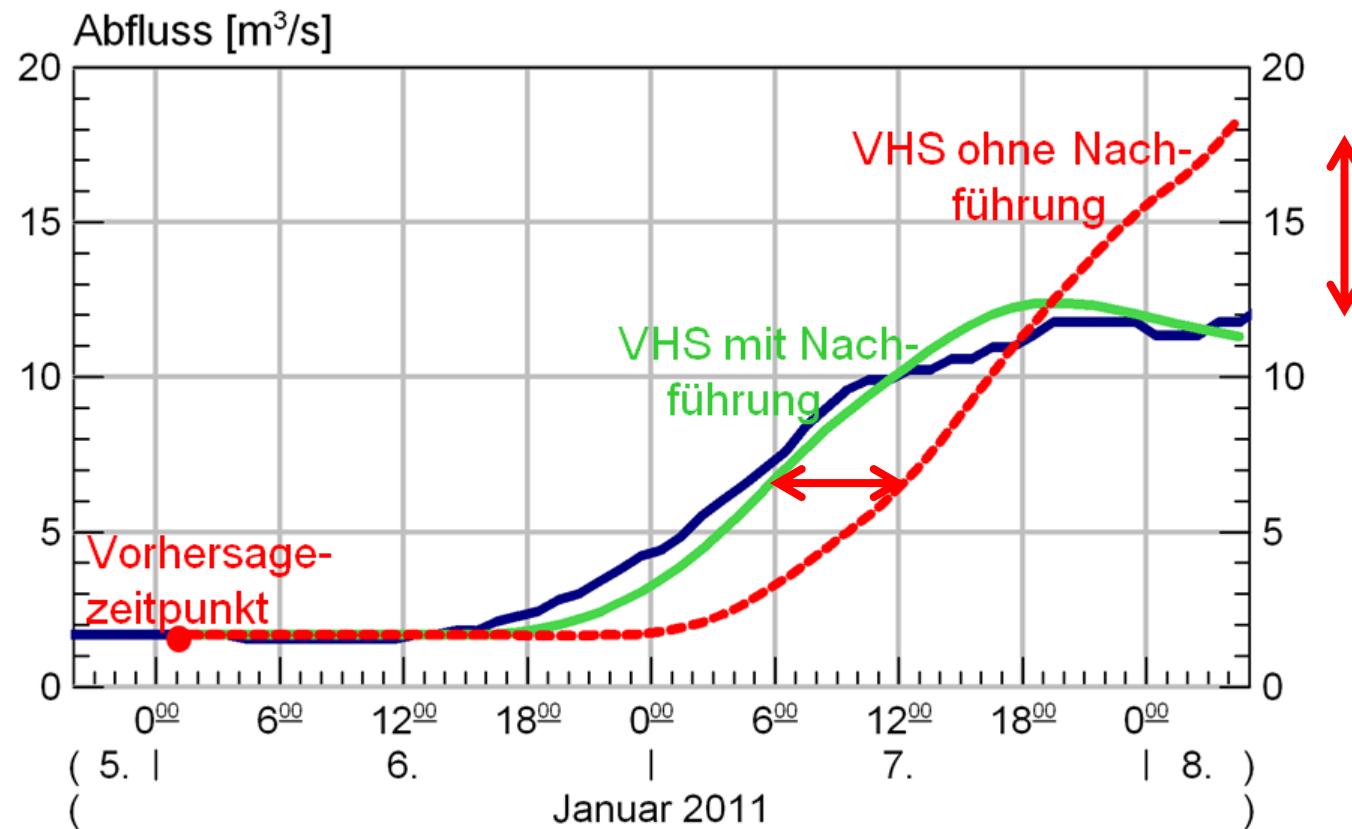
Simulation Baden-Baden / Oosbach



Schneespeicher? - Nachführung

Wirkung der Schneenachführung

Vorhersagetest HW Januar 2011 Oberensingen /Aich



Lösungsansätze - Weitere Maßnahmen

- Weitere Verbesserung der Schneesimulation in LARSIM (z.B. Höhenzonierung)
- Erweiterte Plausibilisierung eingehender Messdaten
- Weitere Verbesserung der Interpolation (SnowRegio) und der Nachführung der Schneedecke (SnowUpdate)
(z.B. Messdaten, Kriging-Parameter, Schneehöhen)
- Erweiterung der Schneenachführung auf das Rheineinzugsgebiet
- Analyse des Einflusses der meteorologischen Vorhersage auf winterliche Abflussvorhersagen

Zusammenfassung

Mit einem gut parametrisierten Modell kann die Schneedynamik zumeist nachvollzogen werden

Aber: Durch zeitlich variable (wetterlagenabhängige) Grenztemperatur können zwei Hauptprobleme entstehen:

1. Kurzfristig: Schnee oder Regen?

Aktuell aus Niederschlag verfügbares Wasserdargebot
(auch ohne vorhandene Schneedecke)

Lösung: Berücksichtigung der Unsicherheit und Auswahl der wahrscheinlichsten Grenztemperatur / Vorhersage

2. Langfristig: Fehleinschätzung der Schneedecke

Bei Schmelze anfallendes Wasserdargebot

Lösung: Robuste Nachführung der Schneezustände anhand von Schneemessdaten (bei Bedarf)