



Berücksichtigung der Schneesmelze in der operationellen Abflussvorhersage für Bodensee, Hoch- und Oberrhein



Viktorsberg, 26./27. November 2015

Karsten Jasper & Manfred Bremicker

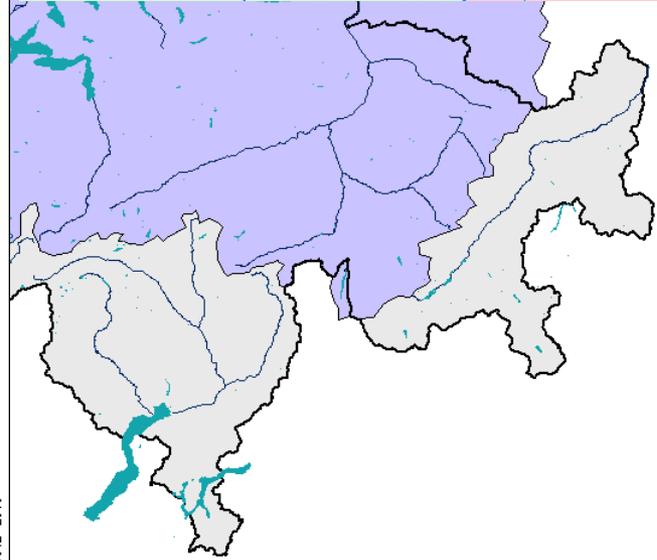
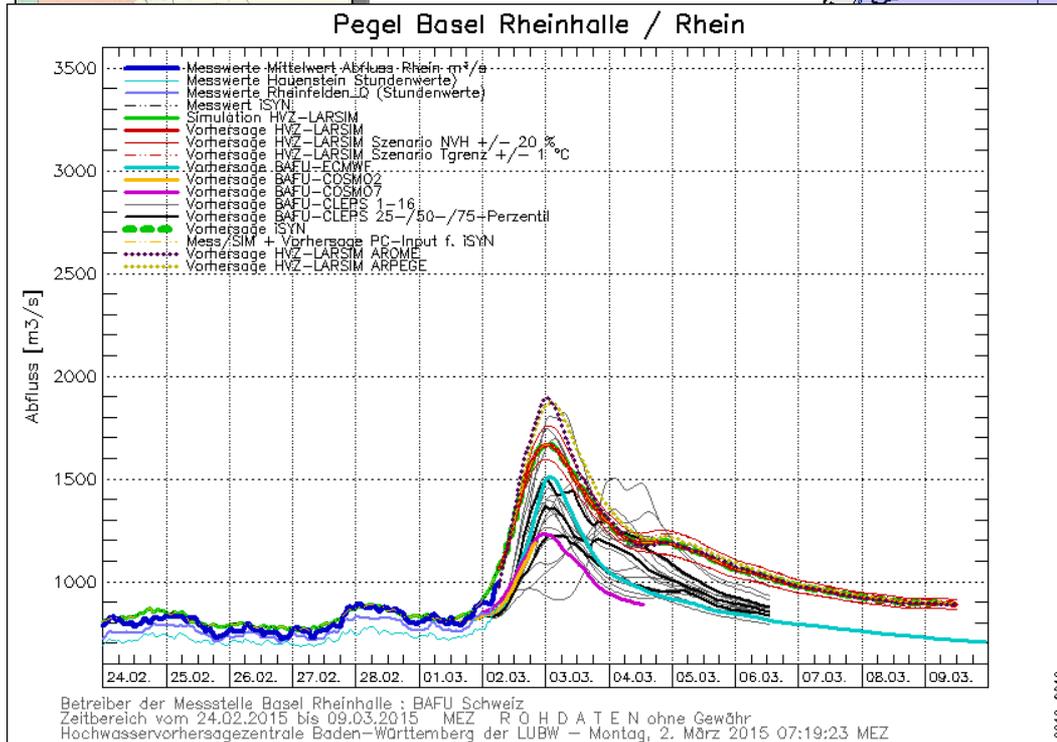


Abgestimmte Vorhersagen

www.bodensee-hochwasser.info



Basel



Für das Rhein-Gebiet bis Basel werden regelmässig für mehr als 120 Pegel Wasserstands- und/oder Abflussvorhersagen erstellt (am LUBW für knapp 50 Pegel).



Hochwasser aus Schnee- und Eisschmelze

- Schmelzhochwasser typische Phänomene in der Abflussvorhersage
- im Alpenraum zu jeder Jahreszeit möglich
- reine Schmelzhochwasser vs. Regen-auf-Schnee Hochwasser
- im Regelfall schwierig vorherzusagen, da Prozesse oft komplex
- Ungenauigkeiten in den Daten, insbesondere in den Vorhersagen von Niederschlag und Temperatur, können grosse Auswirkungen auf die Qualität der Abflussprognosen haben.

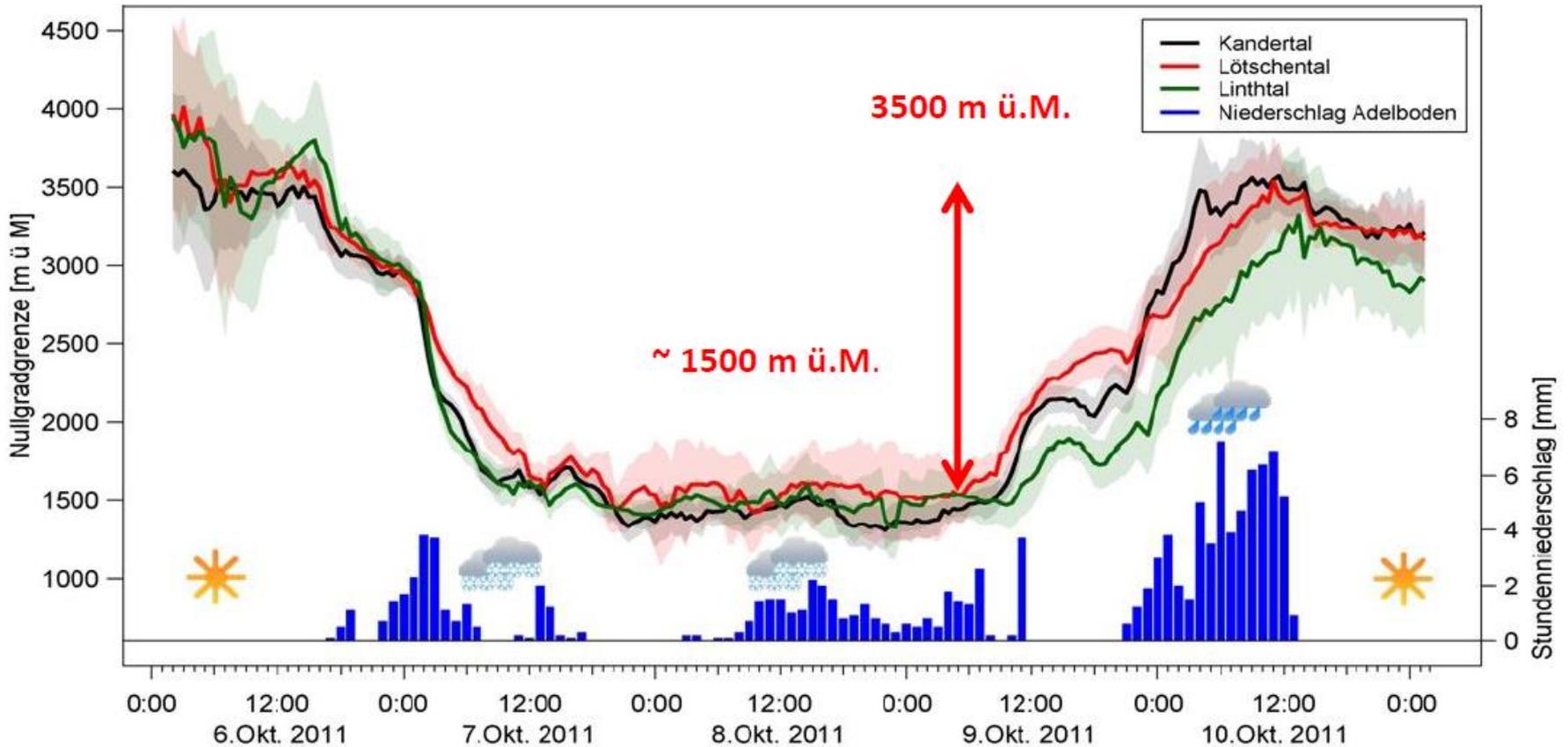
Beispiele für Regen-auf-Schnee
Hochwasser:

- HW im Kander- und Lötschental vom 10. Oktober 2011
- HW auf der Alpennordseite vom 3./4. Januar und vom 2. März 2015





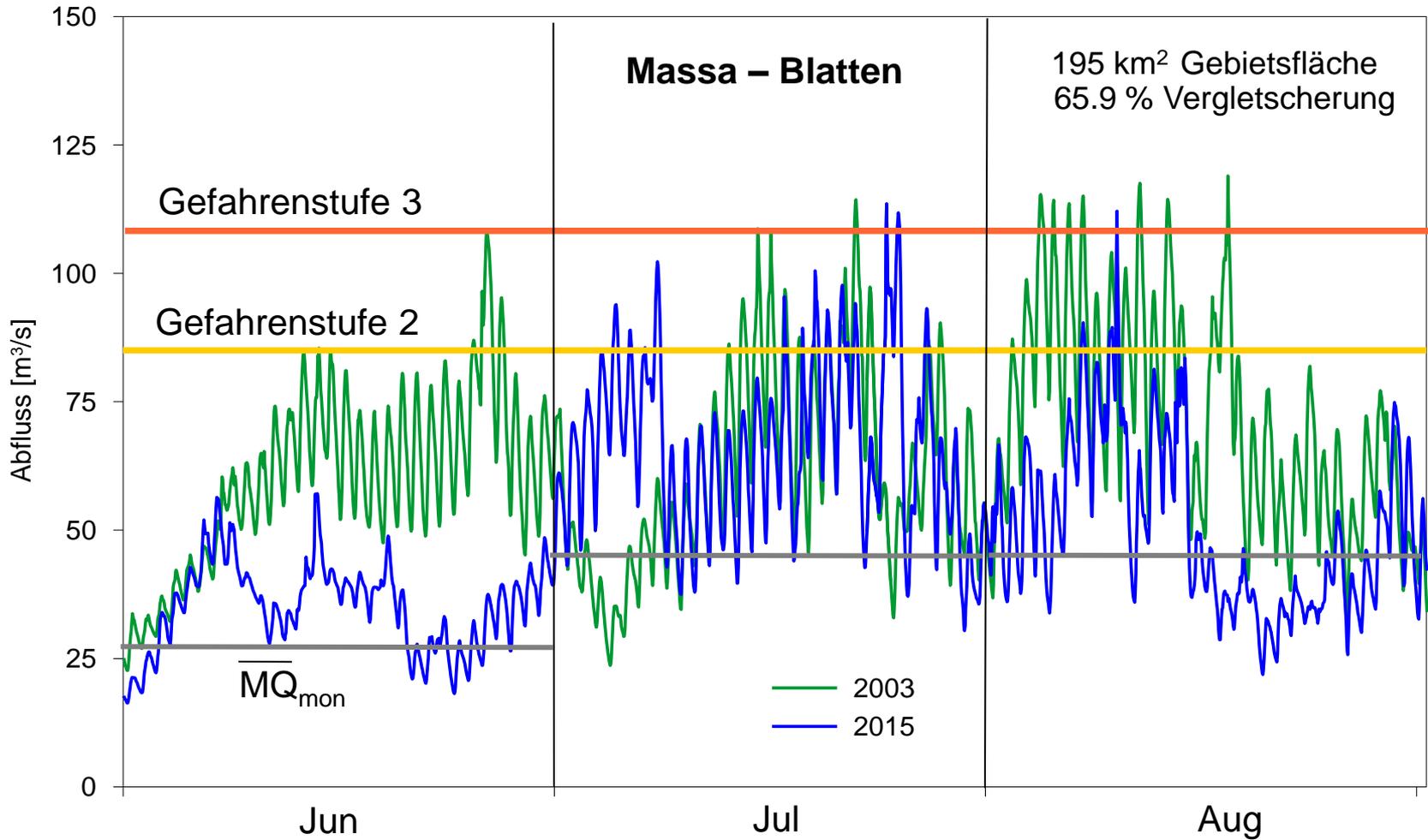
Regen-auf-Schnee Hochwasser



(aus Badoux et al., 2013)

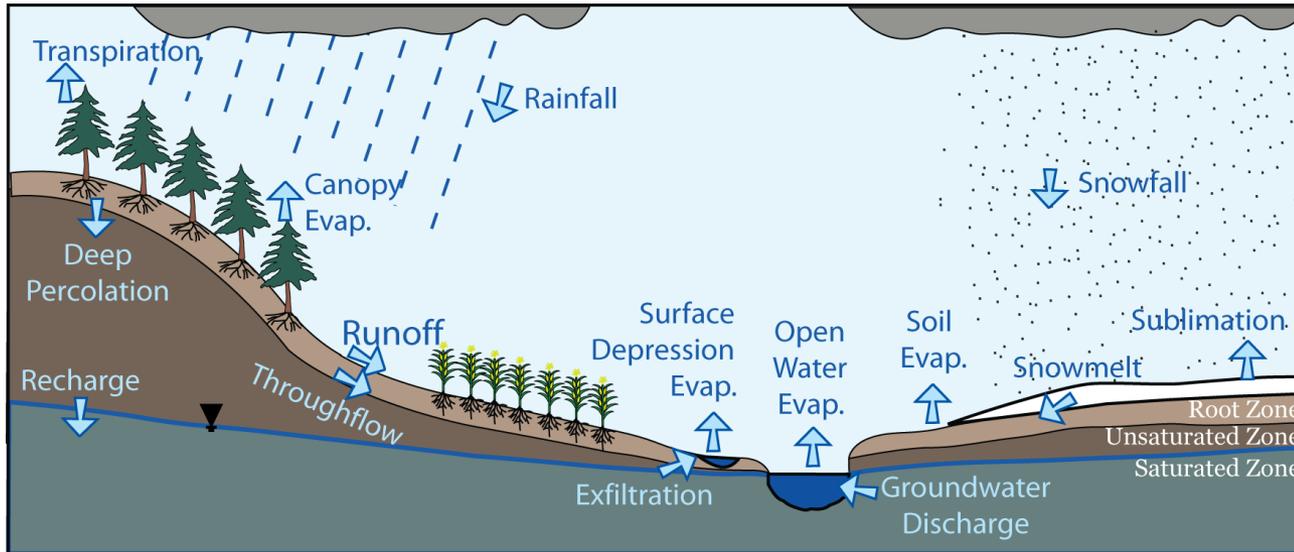


Hochwasser durch Gletscherschmelze





Berücksichtigte Prozesse in der Abflussvorhersage



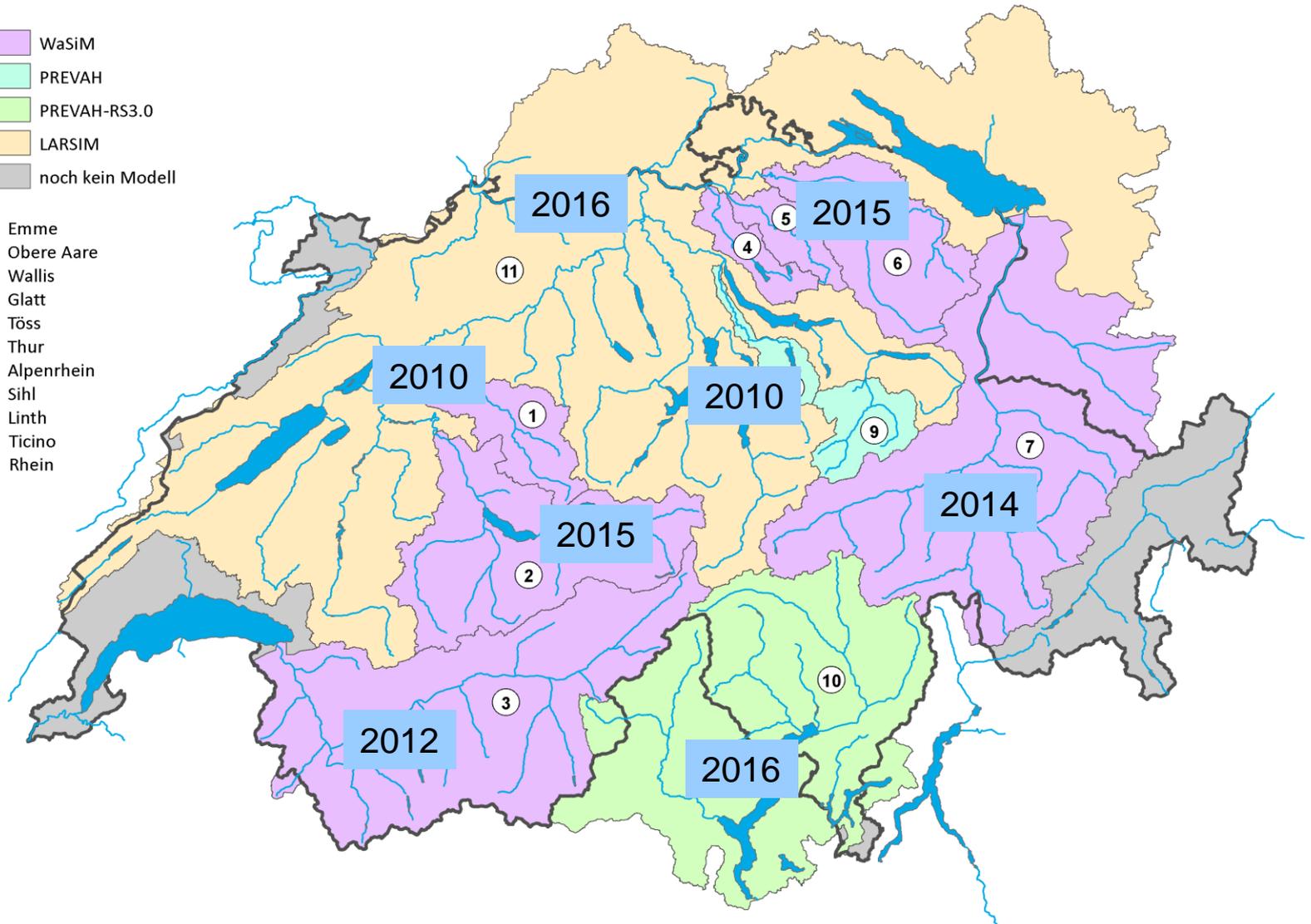
- Räumliche Interpolation von punktuellen Meteo-Messdaten (inkl. N-korrektur)
- Expositionsbedingte Korrektur von Strahlung und Temperatur
- Evapotranspiration
- Interzeption
- Schneeakkumulation und Schneeschmelze
- Gletscherabfluss
- Infiltration
- Bodenwasserdynamik
- Grundwasserabfluss
- Gesamtabfluss (bestehend aus mehreren Abflusskomponenten)
- Gerinneabfluss (inkl. Ableitungen, Zuleitungen, See- und Speicherabflüsse)
- Seewasserstand und Seewasserbilanzen



Flächendetaillierte Vorhersagemodelle am BAFU

-  WaSiM
-  PREVAH
-  PREVAH-RS3.0
-  LARSIM
-  noch kein Modell

- 1 Emme
- 2 Obere Aare
- 3 Wallis
- 4 Glatt
- 5 Töss
- 6 Thur
- 7 Alpenrhein
- 8 Sihl
- 9 Linth
- 10 Ticino
- 11 Rhein





Abfluss aus Schnee- und Eisschmelze in WaSiM

www.wasim.ch

- Modell seit den 90er Jahren für flächendetaillierte Wasserhaushaltsberechnungen genutzt, v.a. im Alpenraum
- Modell besitzt Werkzeuge für unterschiedlichste Fragestellungen
- seit 2010 in der Abflussvorhersage am BAFU eingesetzt (stündliche Auflösung, Rasterweite jeweils 0.5 km x 0.5 km)

Schneedeckenaufbau via temperaturgesteuertem Ansatz zur Aufteilung des Niederschlages in Regen und Schnee

$$P_{Snow} = \frac{T_{GR} + T_{Trans} - T_a}{2 \cdot T_{Trans}}$$

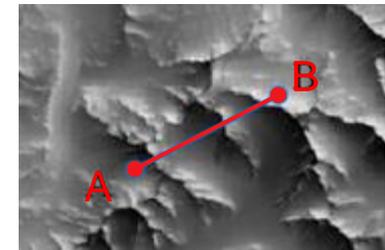
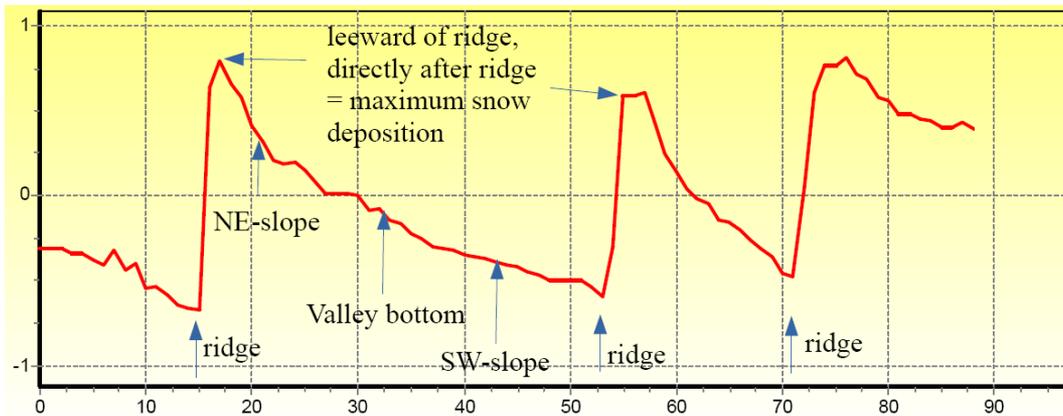


Schneesmelze in WaSiM

Anpassung von **Schneeralbedo** in Abhängigkeit vom **Schneealter**

Schneesmelze nach 14 verschiedenen Methoden berechenbar

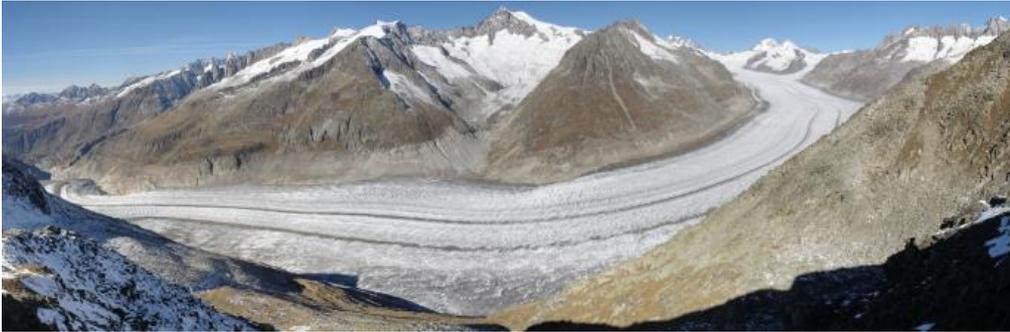
- Konventionelle Methoden
 - verschiedene einfache und erweiterte T-Index-Verfahren
 - einfache Energiebilanz-Verfahren
- Erweiterte Methoden (v.a. nach Warscher et al., 2013)
 - Kombination von T-Index- und Energiebilanz-Verfahren mit Methoden zur lateralen und/oder gravitativen Schneeverlagerung
 - BAFU-Vorhersage: **T-u-Index + gavitational slides + wind redistribution**



windgetriebene Schnee-
umverteilung via sky-view-
factor grid



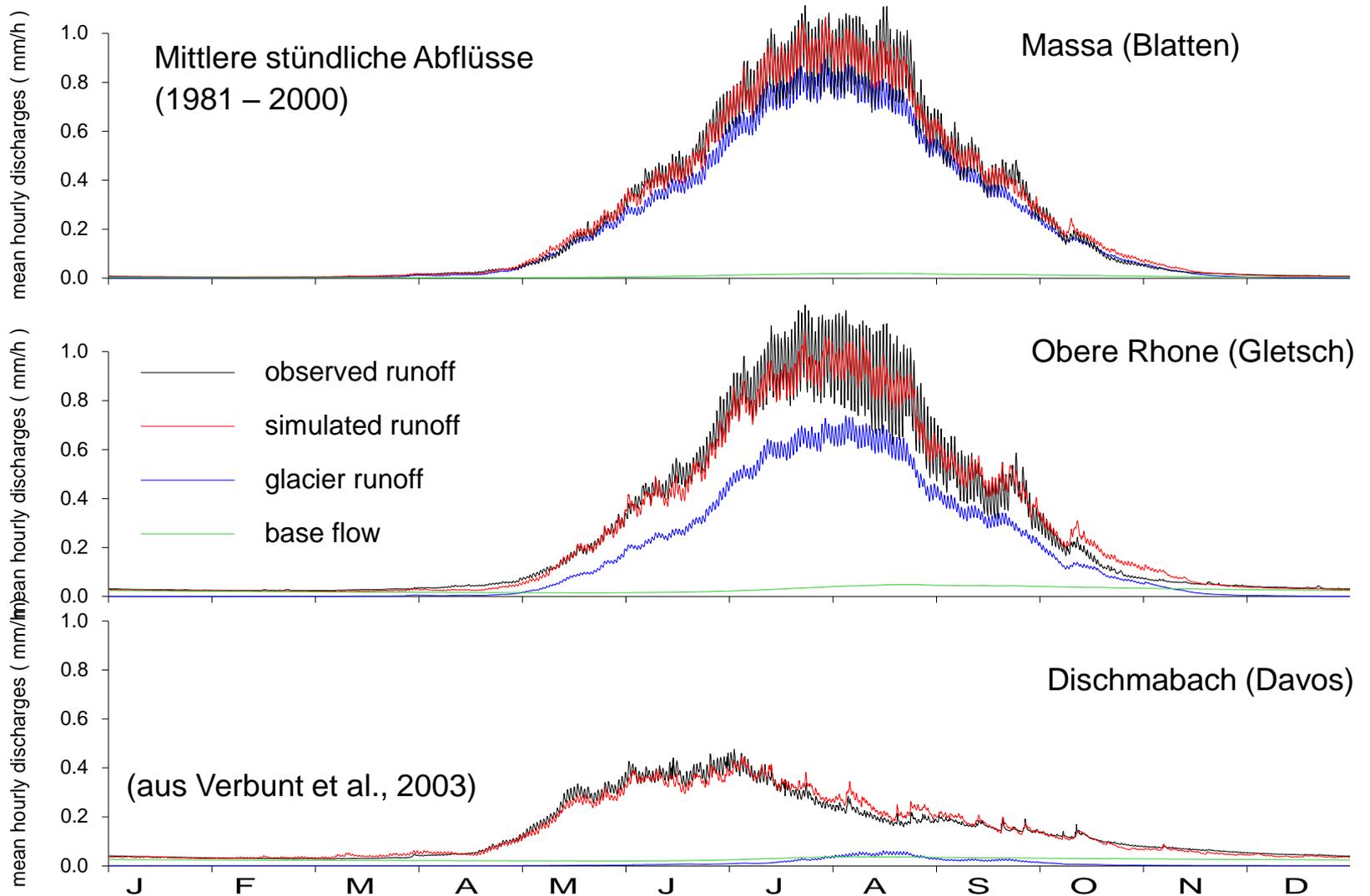
Gletschermodelle in WaSiM



- **statisches Gletschermodell** für flächendifferenzierte Berechnung von Gletscherschmelze und Gletscherabfluss (1999)
 - Eis-, Firn- und Schneeschmelze nach Ansätzen von Hock (1997)
 - Temperatur-Index-Verfahren mit und ohne Strahlungskorrektur
 - Abflussanteile aus Eis-, Firn- und Schneeschmelze separat ausweisbar
 - keine Flächen- und Massenänderung der Gletscher
- **dynamisches Gletschermodell** ohne feste Zuordnungen von einzelnen Zellen als Gletscher (2010)
 - Gletscher können schrumpfen oder wachsen (volume-area scaling)
 - teilweise vergletscherte Gridzellen möglich
 - Gletschermassenbilanz wird mitgeführt
 - Umwandlung von Schnee zu Firn und von Firn zu Eis berücksichtigt
 - Schmelz- und Abflussalgorithmen identisch mit denen des statischen Modells



Anwendungsbeispiel statisches Gletschermodell





Laufende und geplante Arbeiten

- Überprüfung und **Rekalibrierung** der eingesetzten WaSiM-Modelle
 - => Verfügbarkeit von neuen oder verbesserten Modellansätzen
 - => Verfügbarkeit von erweiterten Datengrundlagen (z.B. Meteo-Daten)
- Nutzung von **Daten** des Schweizer **Gletscher-Monitoring**-Netzwerkes
- Testen der Debris-Erweiterung, d.h. Berücksichtigung von **Geröllschutt auf Gletschern** (Verminderung oder auch Verstärkung von Gletscherschmelze)



- Testen des WaSiM-Moduls zum **Wärmetransport im Boden** (1D vertikal)
 - => Nutzung eines impliziten Finiten-Differenzen-Verfahrens
 - => Berücksichtigung von Advektion, d.h. Wärmeeintrag in Boden durch Niederschlag und/oder Schmelzwasser
 - => Gefrieren von Bodenwasser und Auftauen gefrorener Böden



Laufende und geplante Arbeiten

Zusammenarbeit Uni Innsbruck (Strasser) und Modellentwickler (Schulla)

- Integration Mehrschicht-Schneemodell mit erweiterter Energiebilanz
- erweiterter Ansatz zur windgetriebenen Schneeverfrachtung
- verbessertes Interzeptionsmodell, u.a. auch zur Schneeinterzeption

Zusammenarbeit Uni Fairbanks (Hock u.a.) und Modellentwickler (Schulla)

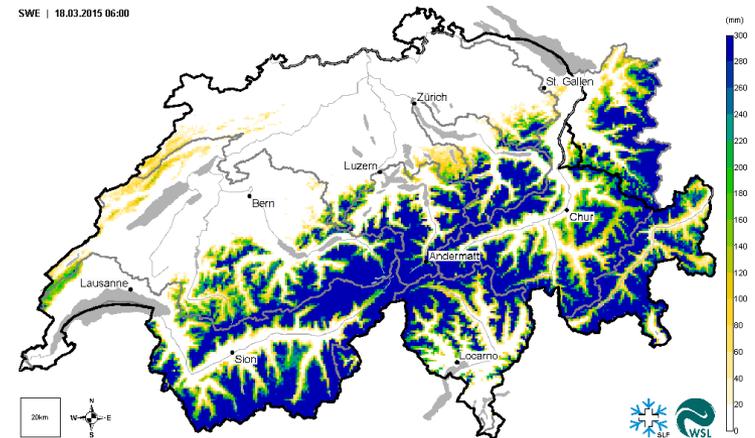
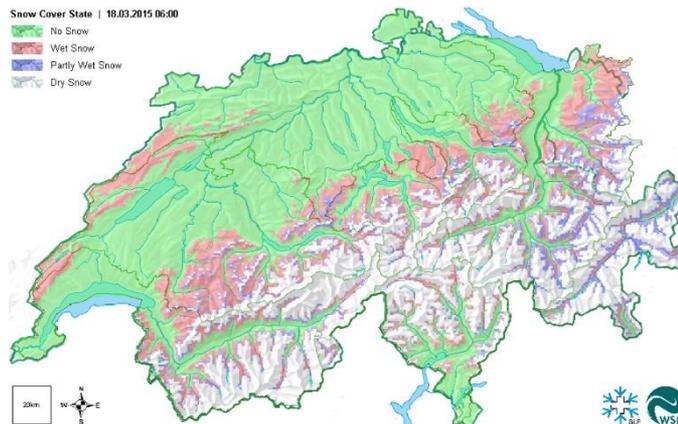
- Erweiterung des Wärmetransportmodells unter Einbezug von Mehrschicht-Schneedecke und Energiebilanz (Schneedecke als Bestandteil des Richards-Modells)
- Temperaturmodellierung in Seen und Flüssen auf physikalischer Basis (Wärmetransport, Energiebilanz), mit Vereisung von flachen Seen
- erweitertes Gletschermodell mit verbesserter Eisdickenverteilung
- MPI Optimierung (bessere Speicherauslastung von Supercomputern)



Laufende und geplante Arbeiten

Zusammenarbeit OSHD und BAFU

- operationelle Datenlieferungen des OSHD an das BAFU
- Erfahrungsaustausch zur Schneemodellierung
- Assimilation von OSHD-Schneedaten





Laufende und geplante Arbeiten

Zusammenarbeit mit LUBW und BAFU

- Operationalisierung von LARSIM im BAFU-Vorhersagesystem
- Erweiterung der LARSIM-Gebietsaufteilung für die Schweiz
- Planung von LARSIM-Weiterentwicklungen
- Erfahrungsaustausch (z.B. zur Assimilation von Schneedaten oder zum Umgang mit fehlerhaften Daten)

Nun Übergabe an den zweiten Referenten,
Manfred Bremicker, und danach allfällige
Fragen möglich.....

