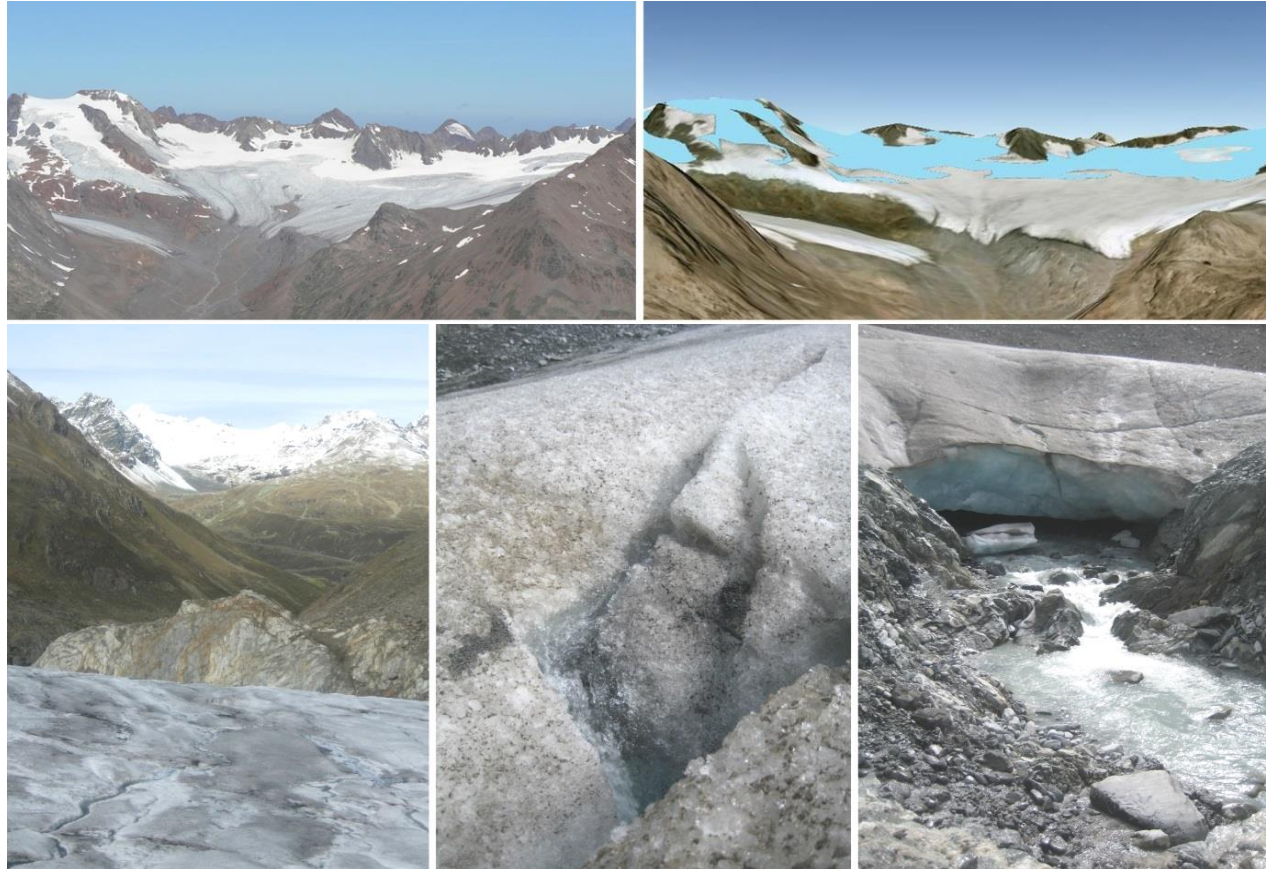


Hydrologische Prozessmodellierung im Hochgebirge

Schnee- und Gletscherabfluss in den Öztaler Alpen / Tiroler Inn

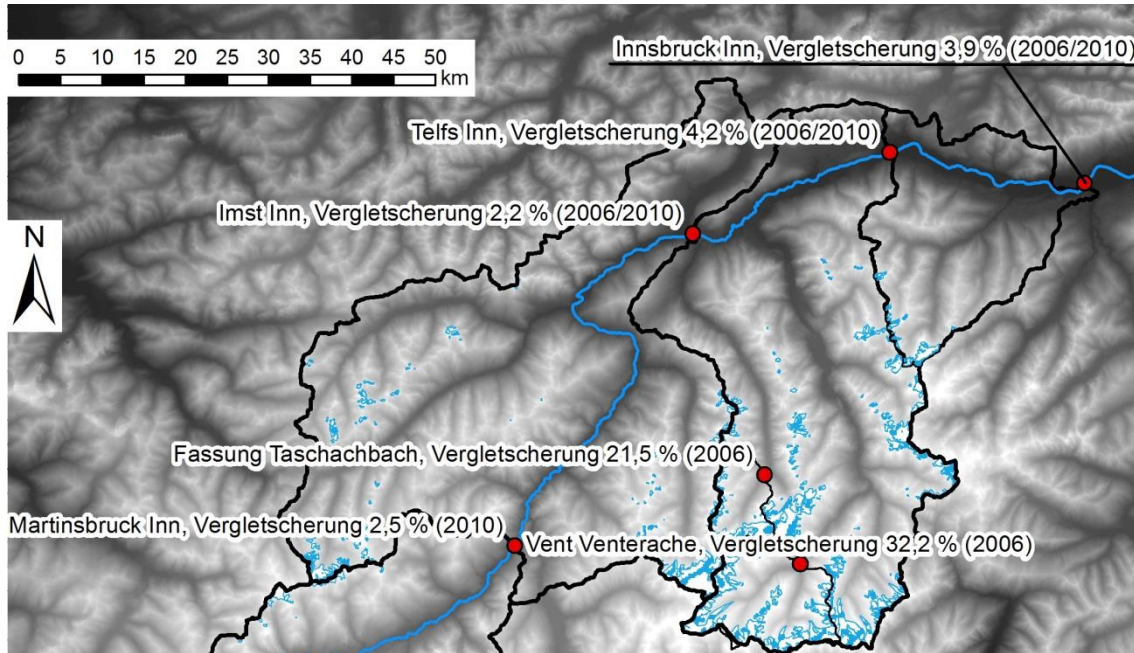


Johannes Schöber

K. Helfricht, S. Achleitner, P. Schattan, J. Bellinger, K. Förster, R. Kirnbauer

- Abflussbeitrag durch die Gletscherschmelze im Tiroler Inn und seinen Zubringern
- Aktuelle Beispiele – Sommer 2015
- Schneeakkumulation, Schneewasseräquivalent in den Öztaler Alpen
- Hochwasser und in vergletscherten Einzugsgebieten
- Gletschermassenbilanz

Abflussanteile aus Gletscherschmelze im Inn ober Innsbruck

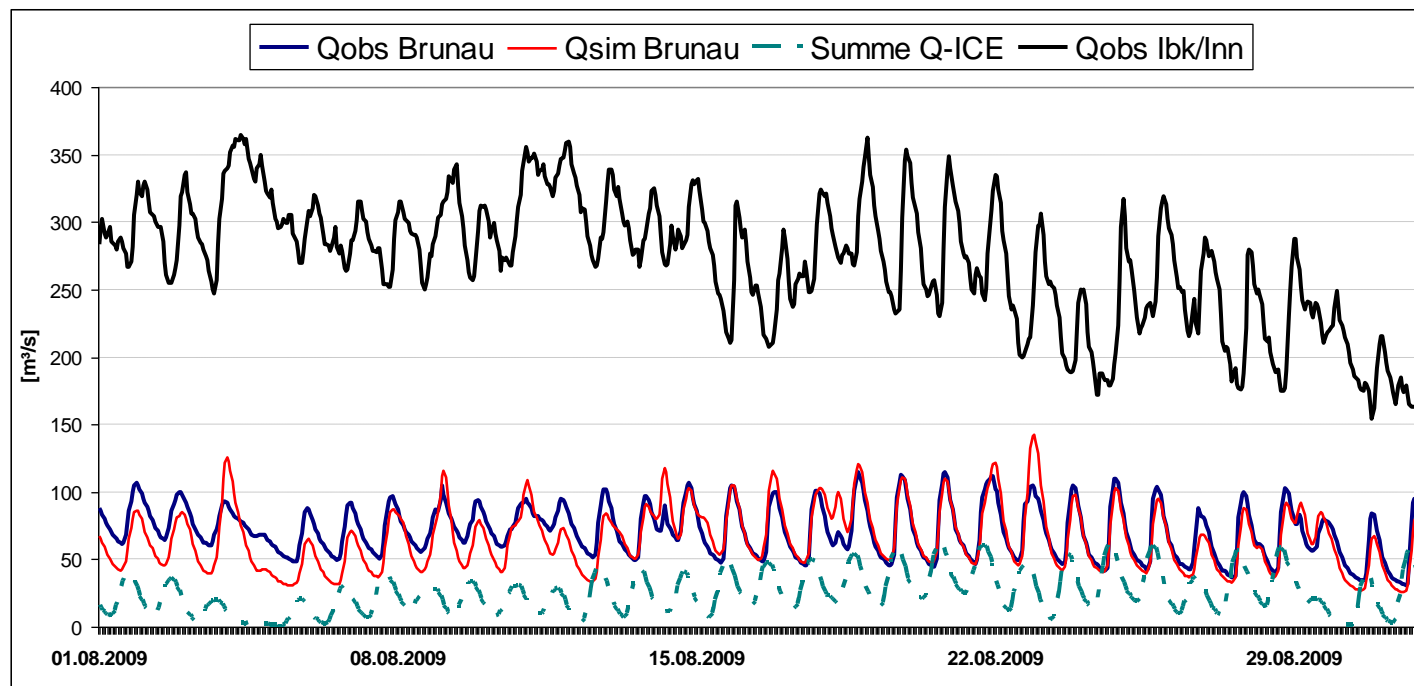


- Innsbruck:
EZG = 5771,6 km²
Gletscherfläche = 222,5 km²

Einzugsgebiet	Gletscherfläche [km ²]	Einzugsgebietsgröße [km ²]	Vergletscherung 2006 [%]	Anteil Eisschmelze Jährlich am Abfluss 1997-2012 [%]
Pegel Imst-Bahnhof	87.3	3842	2.2	3
Pegel Telfs	216.4	5289.7	4.2	5.4

Drabek, U. (2015) Umweltverträglichkeitserklärung D.03.05 Innstufe Imst-Haiming, Wirkfaktorenbericht Hydrologie, DonauConsult Ingenieurbüro GmbH.

- Abfluss Innsbruck – Beitrag der Gletscher im Ötztal



Schöber, J (2014):
Improved snow and
runoff modelling of
glacierized
catchments for flood
forecasting. Doctoral
Thesis, Innsbruck.

→ August 2009: durchschnittlicher Beitrag aus Ötztaler Gletscher in Innsbruck **9,8%**

→ ZAMG-Statistik: August 2009 am fünft wärmsten in 150-jähriger Messreihe

Quelle: http://www.zamg.ac.at/klima/klima_monat/wetterrueckblick/?jahr=2009&monat=08

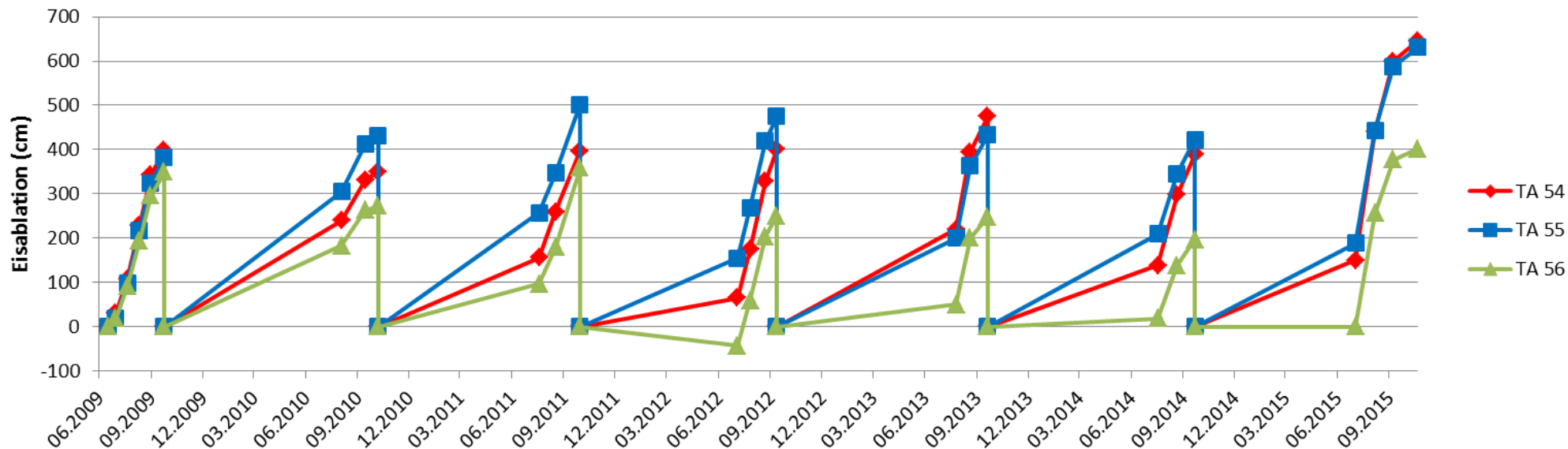
03.07.2015: Foto: J. Schöber, TIWAG, Innsbruck



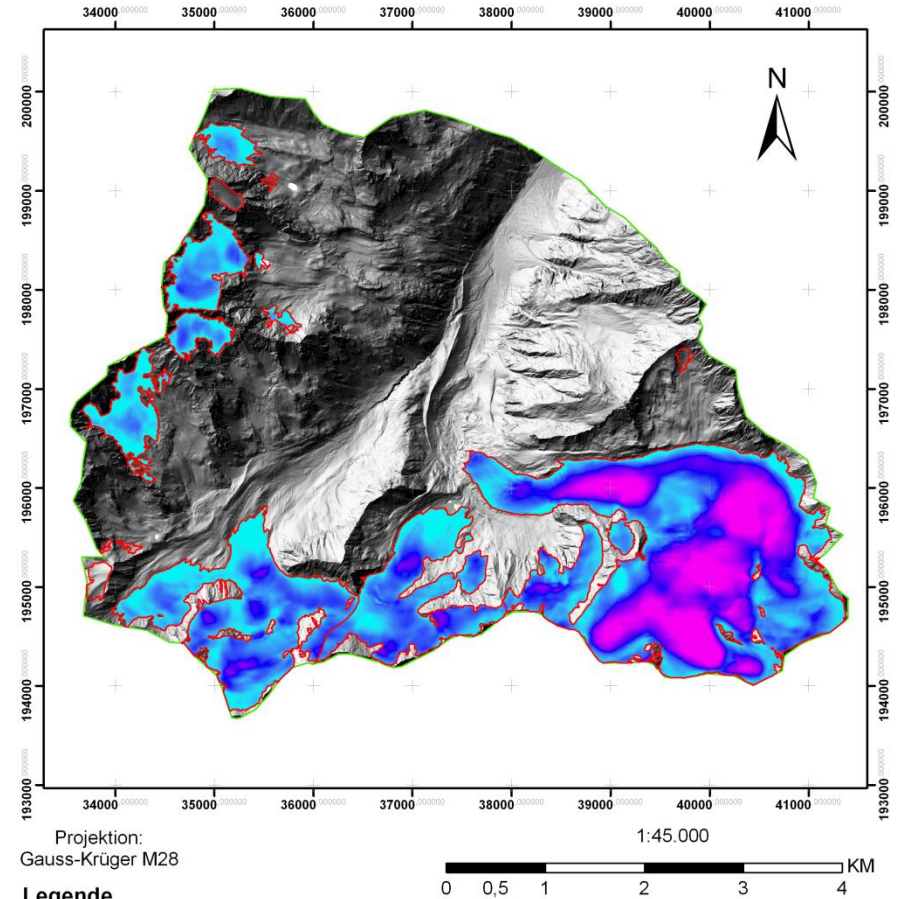
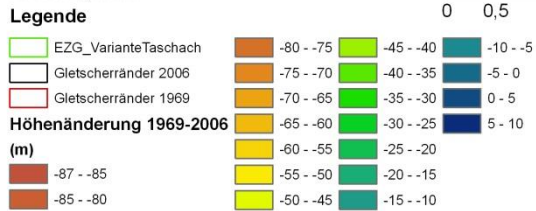
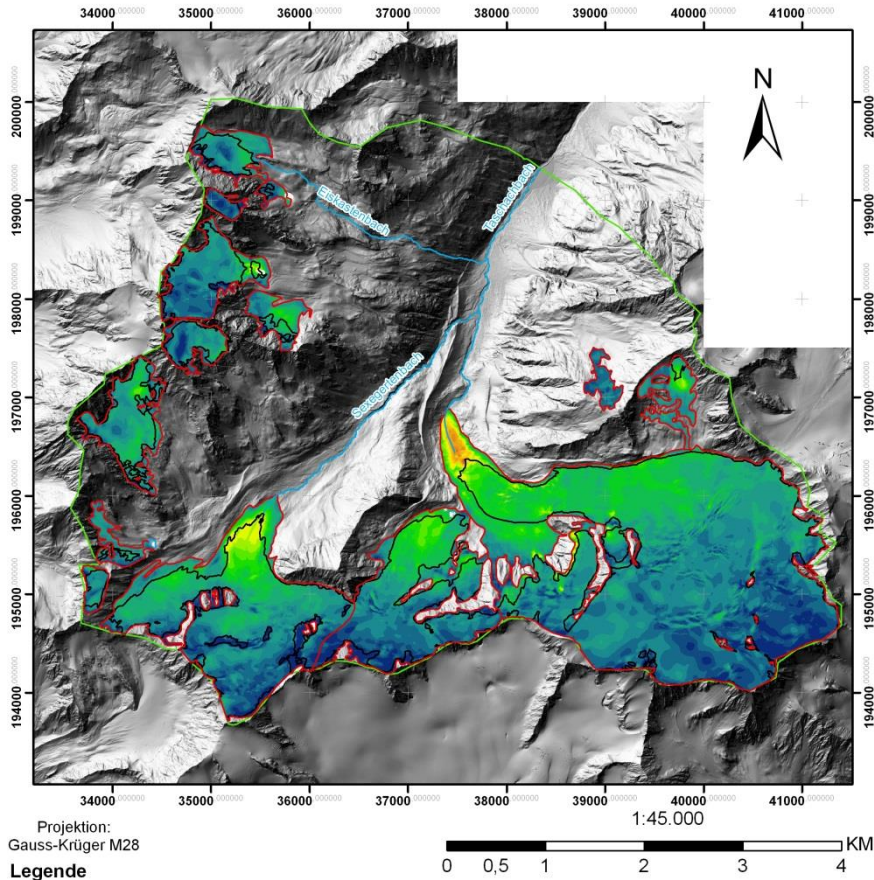
07.08.2015: Foto: J. Schöber, TIWAG, Innsbruck





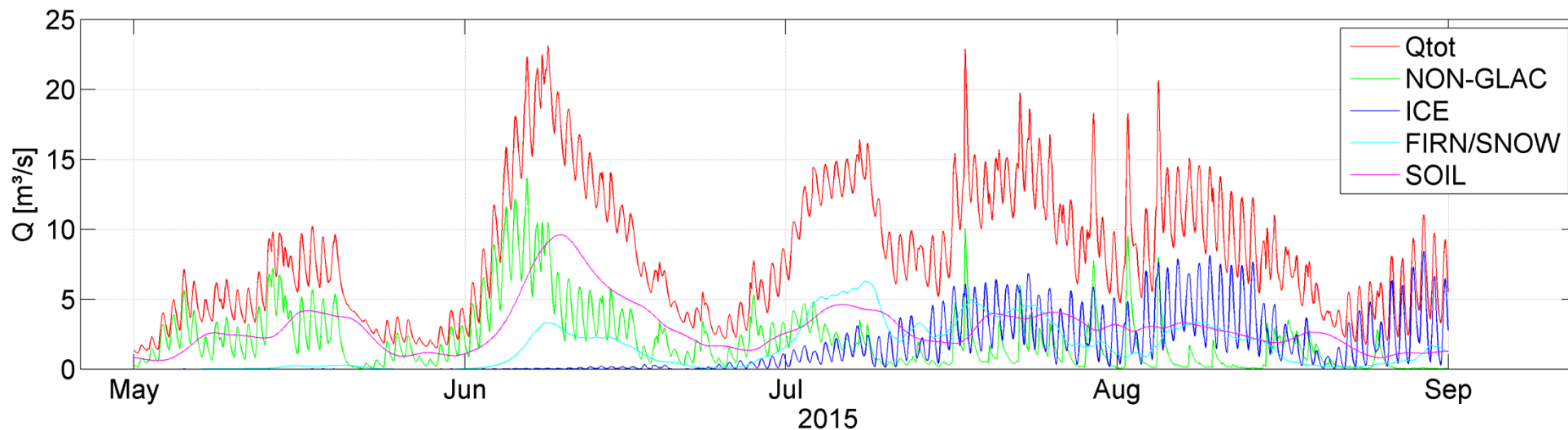
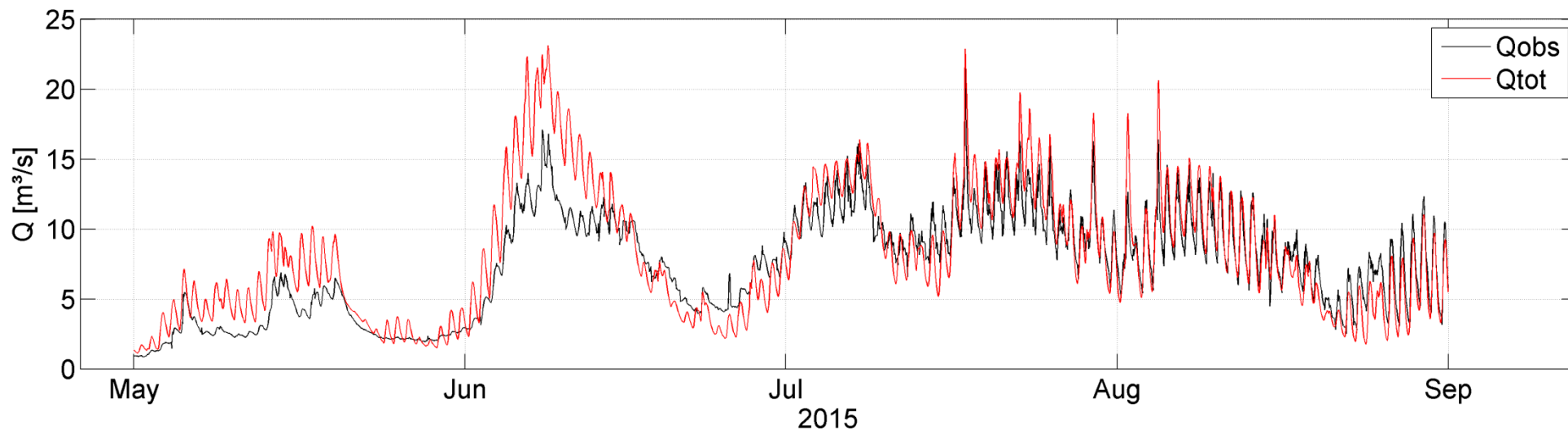


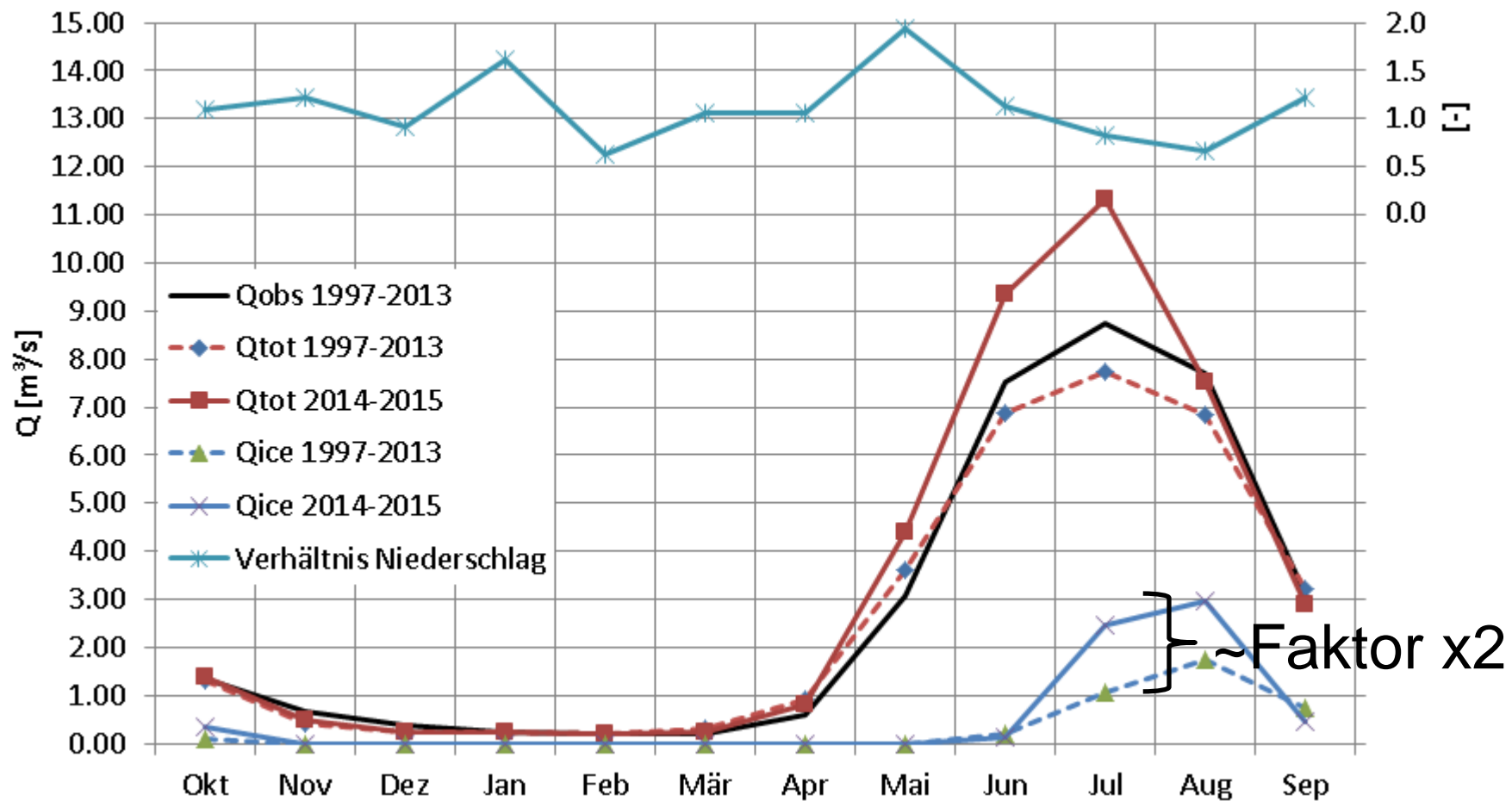
Quelle: K. Helfricht, Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Innsbruck





Abflusskomponenten WF Taschach Sommer 2015





- **Modell SES** für vergletscherte EZG
- Vollverteiltes Energiebilanzmodell
- Prozessorientierte Schneenumverteilung
- Bilanzierung Schnee/Firn
- Abschmelzung Gletschereis
- Abfluss via paralleler Nash-Kaskaden

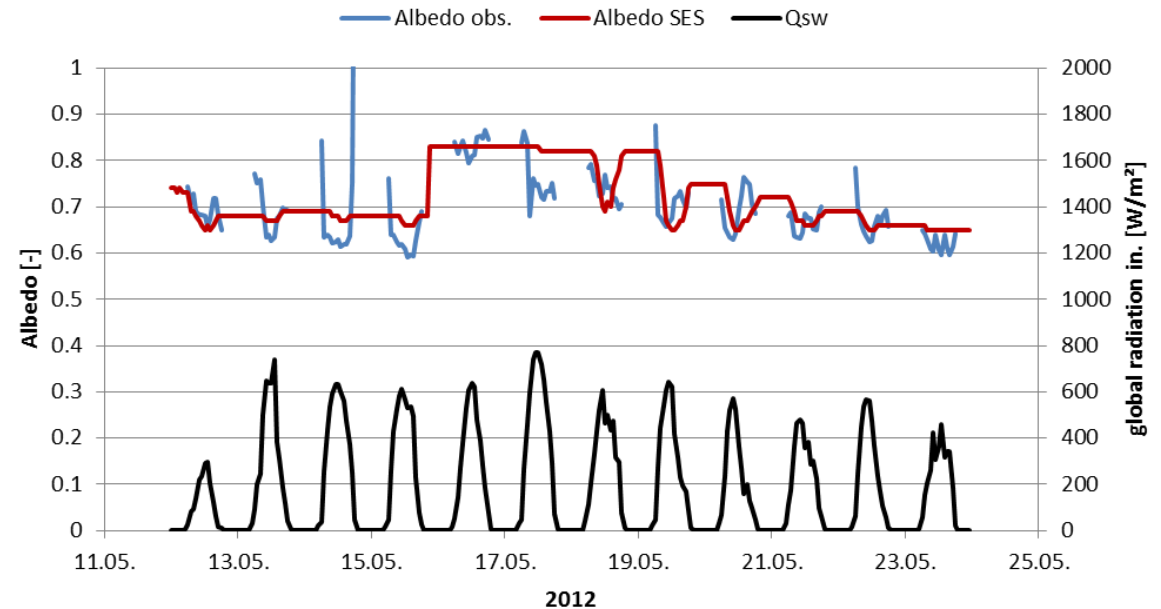
- Input:
 - Niederschlag
 - Lufttemperatur
 - Globalstrahlung
 - Rel. Feuchte
 - Wind



*Asztalos, J., Kimbauer, R., Escher-Vetter, H., Braun, L., (2007). A distributed energy balance snow and glacier melt model as a component of a flood forecasting system for the Inn river, Alpine*Snow*Workshop. Berchtesgaden National Park research report Nr. 53, Munich, pp. 9-17*

- **Modell SES** für vergletscherte EZG
- Vollverteiltes Energiebilanzmodell
- Prozessorientierte Schneenumverteilung
- Bilanzierung Schnee/Firn
- Abschmelzung Gletschereis
- Abfluss via paralleler Nash-Kaskaden

- Input:
 - Niederschlag
 - Lufttemperatur
 - Globalstrahlung
 - Rel. Feuchte
 - Wind

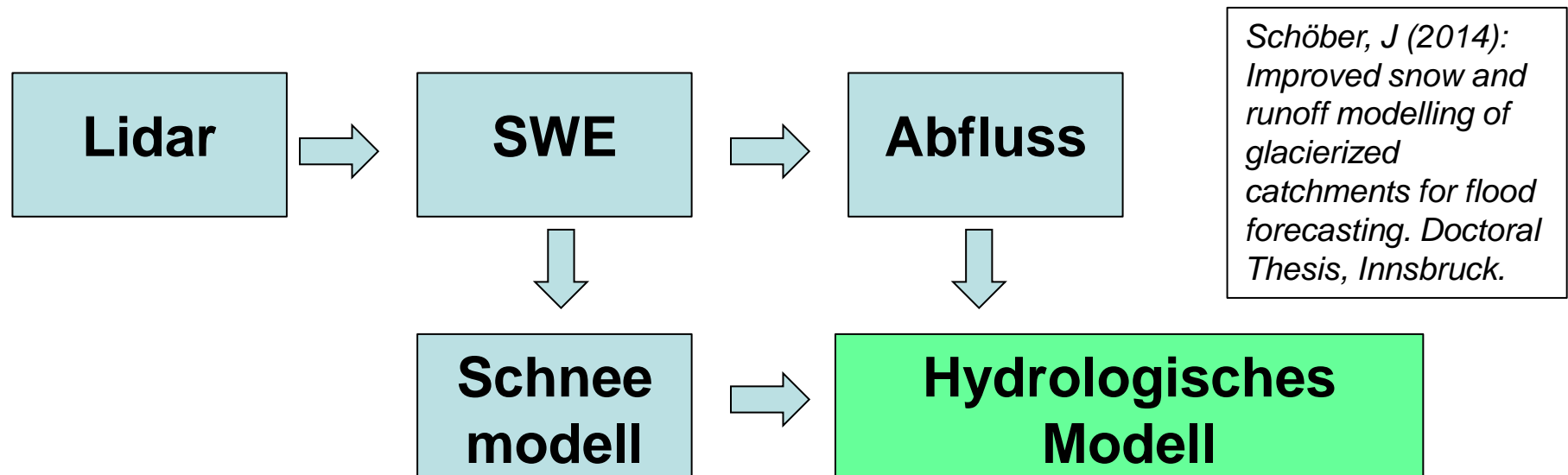


Weißsee, Kaunertal (2540 m.ü.A.)

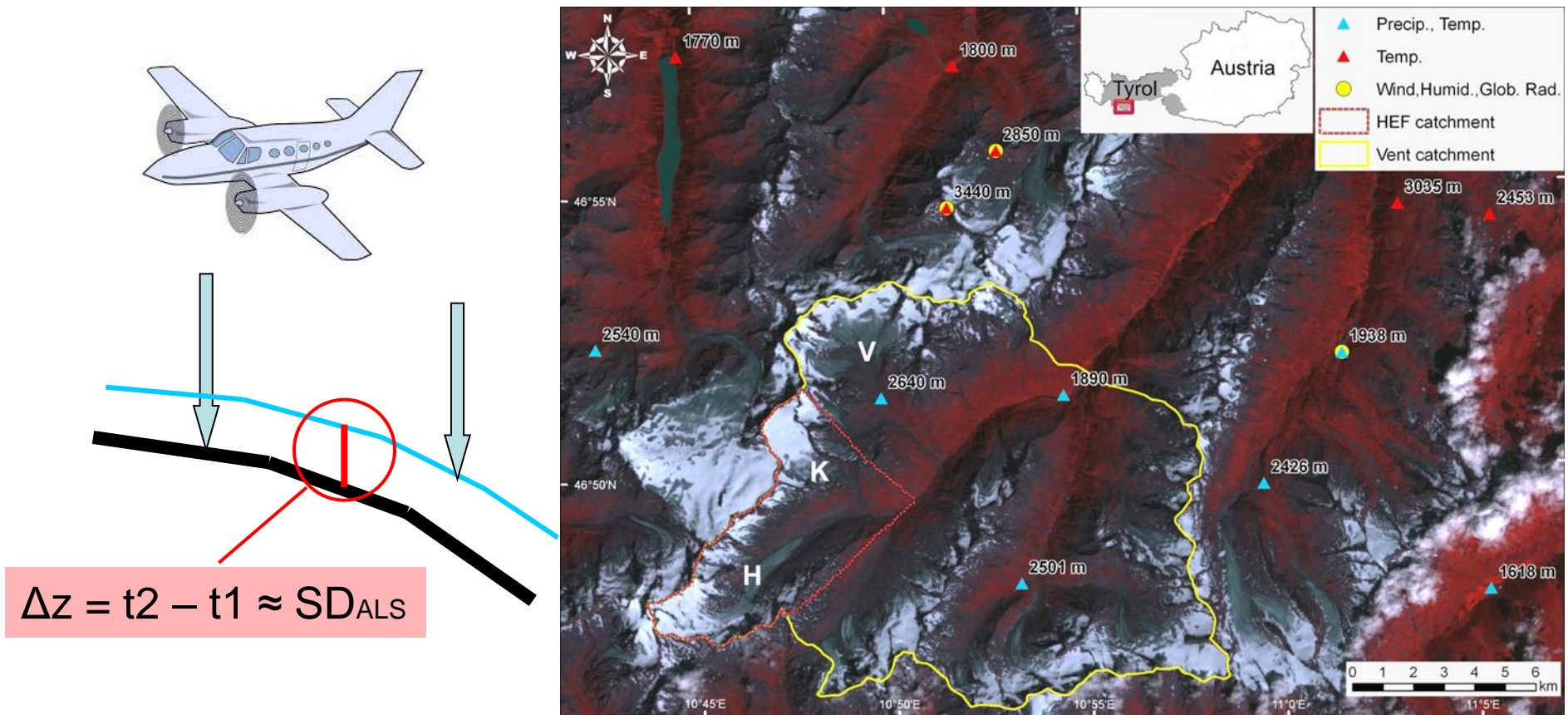
- Verwendung im Rahmen der Abflussprognose für den Tiroler Inn

Achleitner S., Schöber, J., Rinderer, M., Leonhardt, G., Schöberl, F., Kirnbauer, R., Schönlaub, H. (2012): Analyzing the operational performance of the hydrological models in an alpine flood forecasting system., Journal of Hydrology 412-413, 90-100.

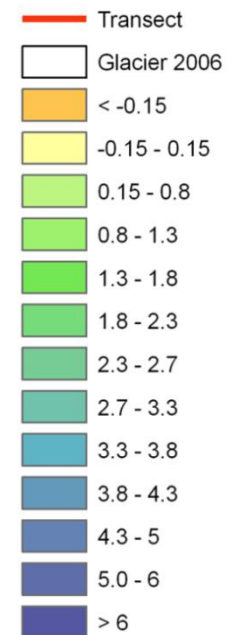
- Hoher Anteil Schneeschmelze (30-40%) und Eisschmelze am Abfluss, daher „**multi-objective**“ Kalibrierung mit Abflussdaten UND Schneeedaten (SCA/SWE)



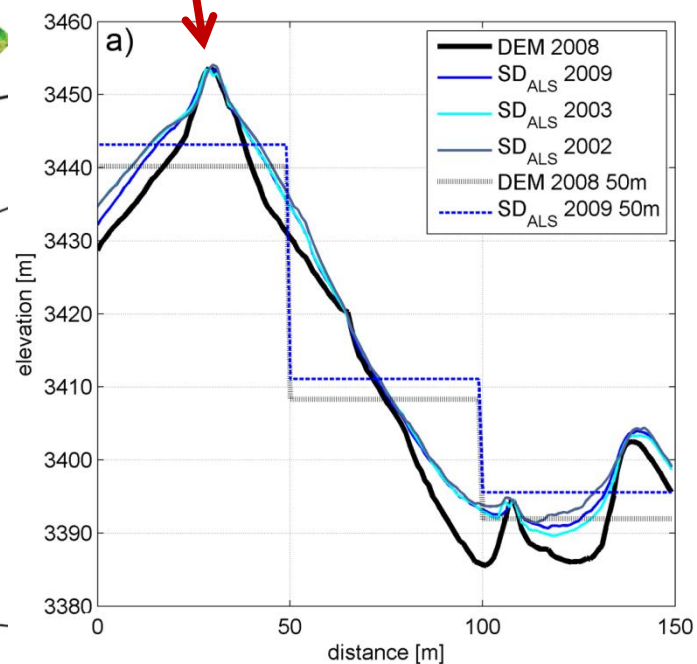
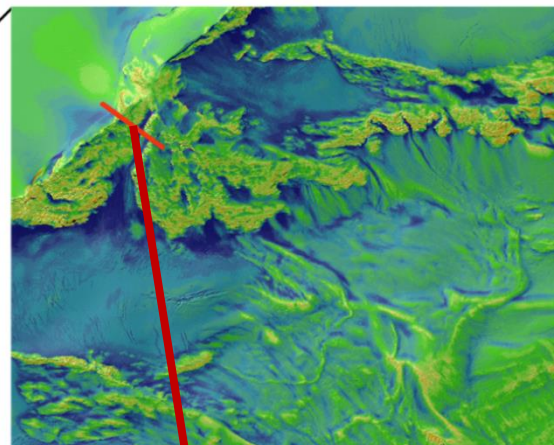
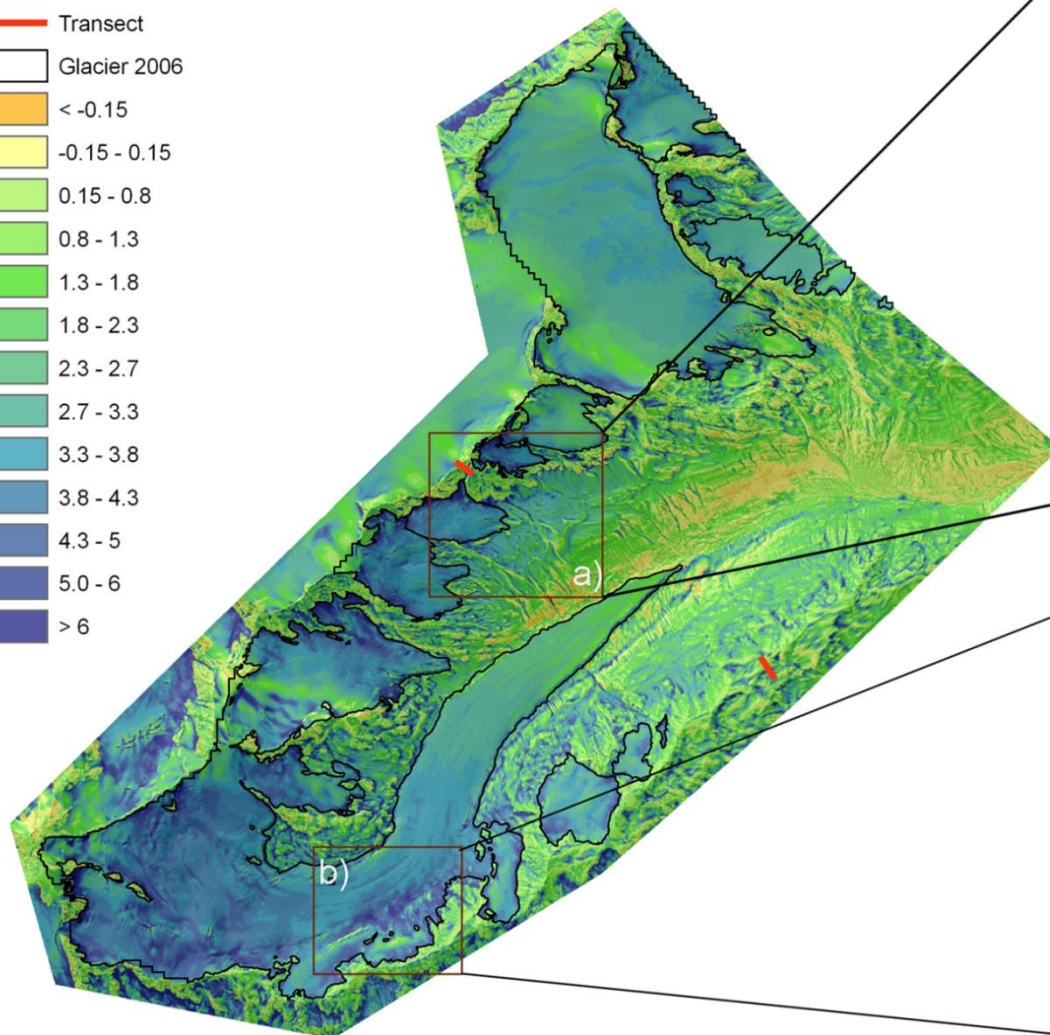
- Airborne laser scanning (ALS) Daten
 - 5 x Rofental (Hintereisferner, Kesselwandferner) (2002-2012)
 - 1 x vergletscherte Pegel-EZG der Ötztaler Alpen (2011)



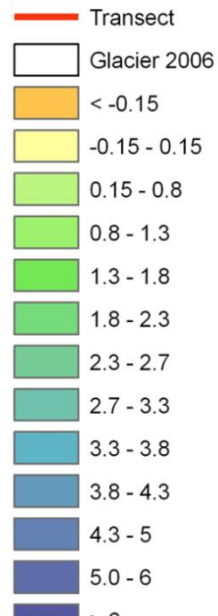
SD_{ALS} [m]



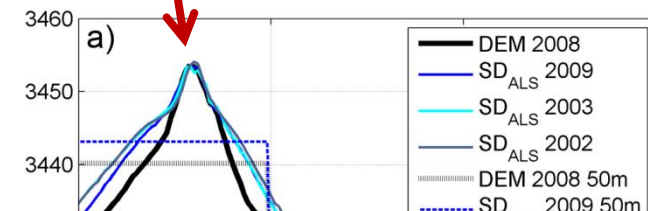
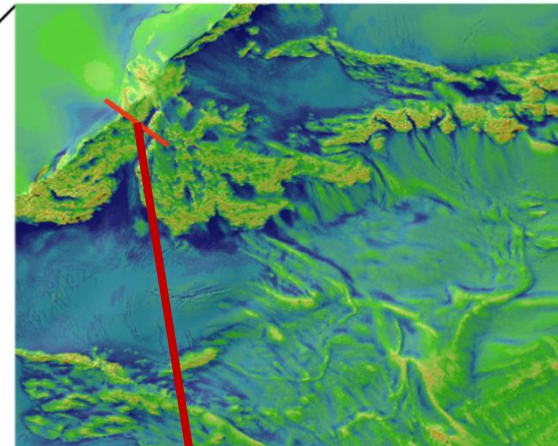
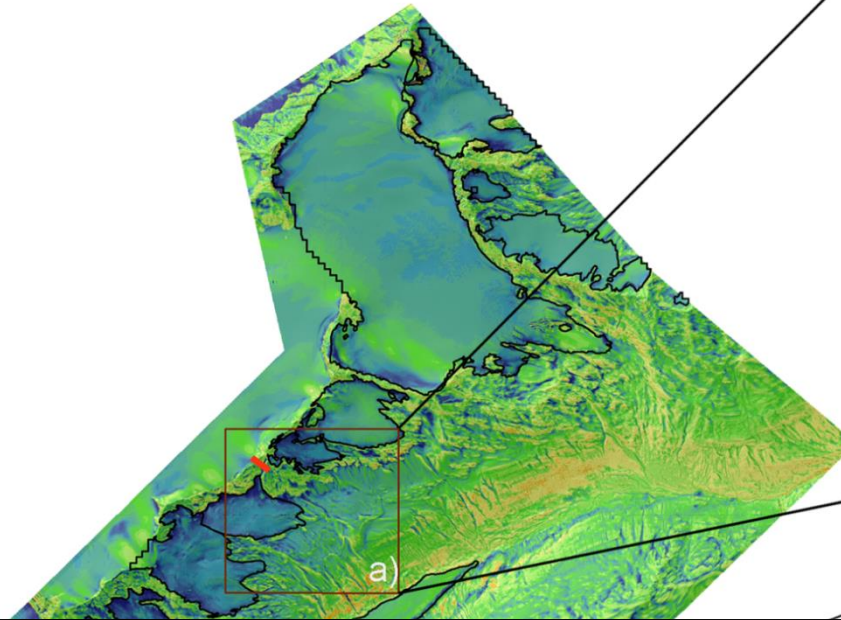
Oberes Rofental



SD_{ALS} [m]



Oberes Rofental



- 5 Akkumulationsperioden der Jahre 2002, 2003, 2009, 2011, 2012
- Akkumulationsmuster Ende April/Anfang Mai ist persistent
- Fläche variiert um 16%
- Schneehöhe variiert um Faktor 2

Helfricht, K., Schöber, J., Schneider, K., Sailer, R., Kuhn, M. (2014): Interannual persistence of the seasonal snow cover in a glacierized catchment. *Journal of Glaciology*, Vol. 60, No. 223.

SWE wird in Hydrologie benötigt...!!

- Hydrographisches Jahrbuch von Ö. (1951-2010)
- > 12.000 Messungen in Tirol
- >700 Schneeschächte auf Gletschern bzw. in vergletscherten EZG (1977-2013)

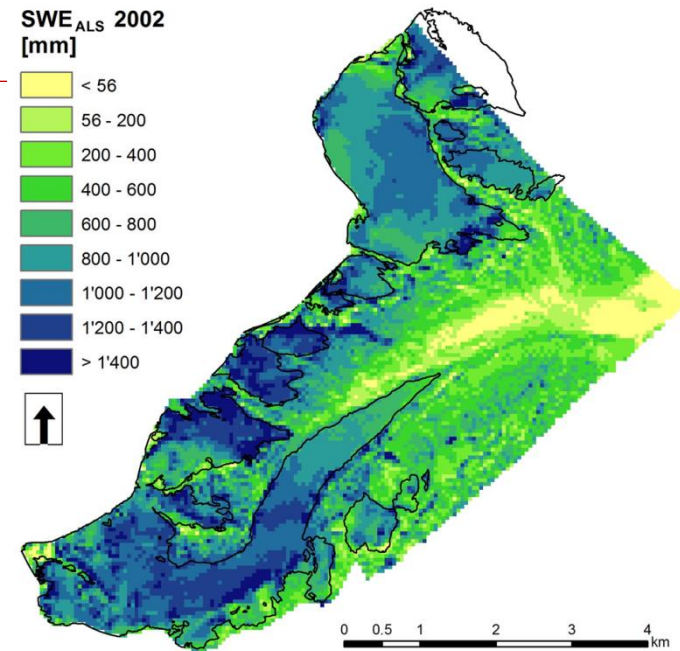
- Empirisch, statistisches Dichtemodell
 $\rho = 14.8 * HS + 346$



Schöber, J., Achleitner S., Bellinger, J., Kirnbauer, R., Schöberl, F. (2015): Analysis and modelling of snow bulk density in the Tyrolean Alps. Hydrology Research, in press.

- SDALS → SWEALS
- Unsicherheit Dichtemodell ~10%
- Messgenauigkeit ALS (~15 cm)
- Massenverlust zw. ALS t1 – t2
- Submergenz, Firnsetzung

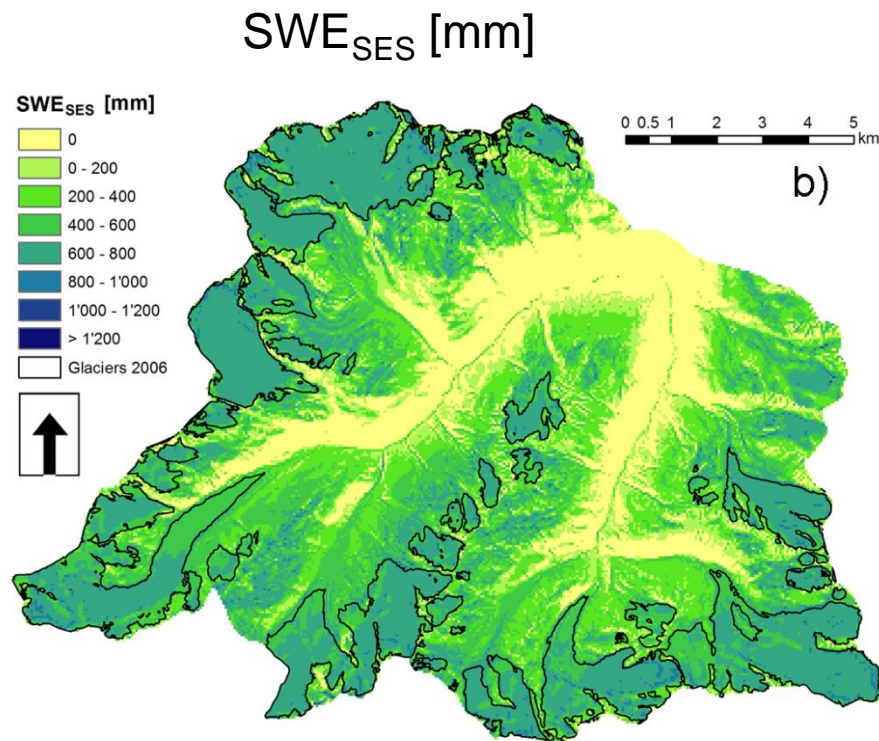
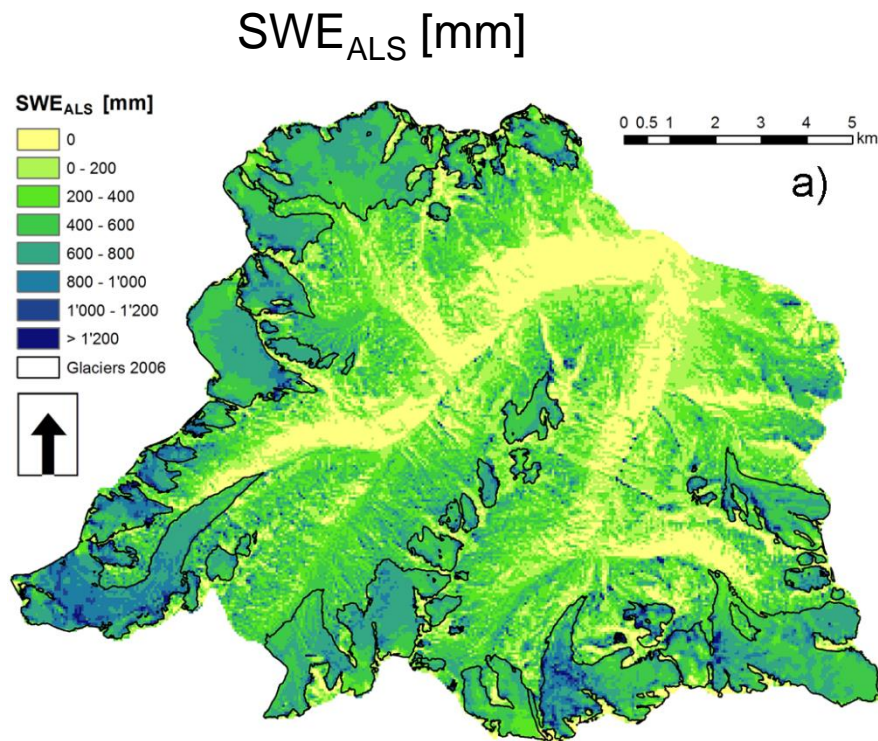
→ Unsicherheit SWE im EZG 12% – 16%
 → Unsicherheit Niederschlag **40% - 50%**



SWE _{ALS} [mm]	
7 May 2002	864 ± 111
4 May 2003	806 ± 104
7 May 2009	1018 ± 126
20 April 2011	558 ± 82

Schöber, J., Schneider, K., Helfricht, K., Schattan, P., Achleitner, S., Schöberl, F., Kirnbauer, R. (2014): Snow cover characteristics in a glacierized catchment in the Tyrolean Alps - Improved spatially distributed modelling by usage of Lidar data. *Journal of Hydrology* 519 (2014) 3492–3510.

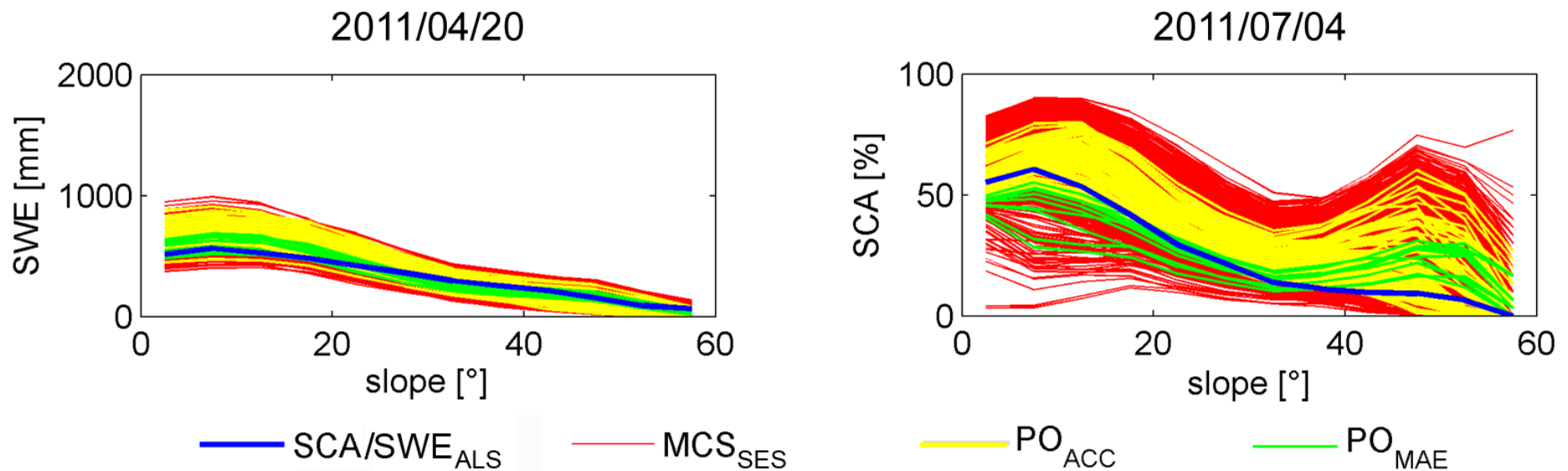
EZG Vent 166 km² (20.04.2011)



→ ca. **65 bis 68 Mio. m³** Wasser im Schnee entsprechen **25% des Jahresabflusses** 2010/11

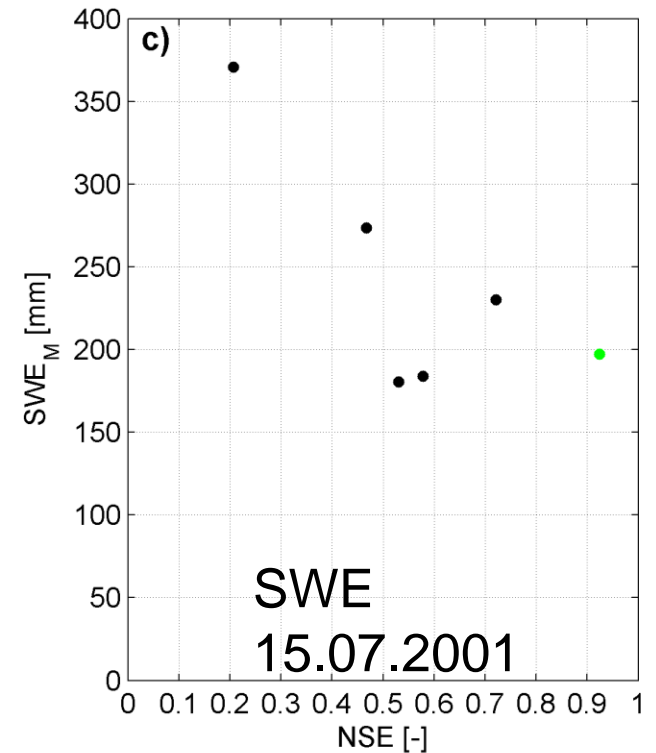
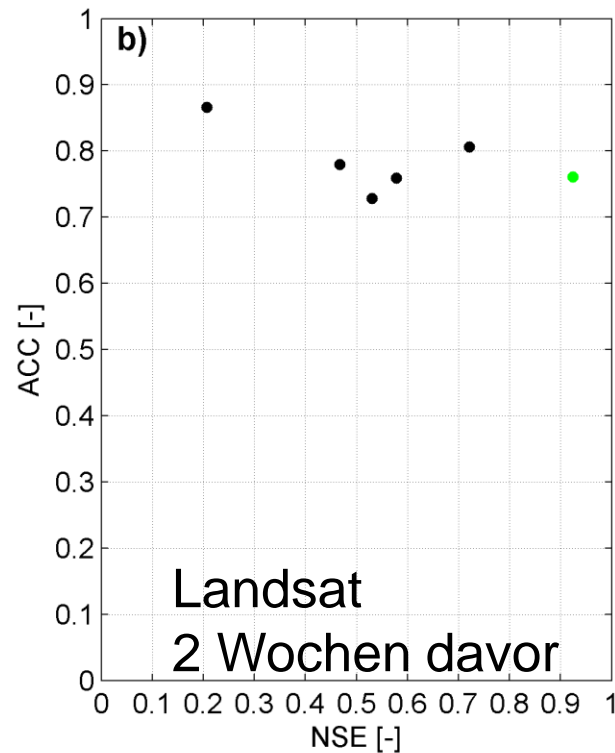
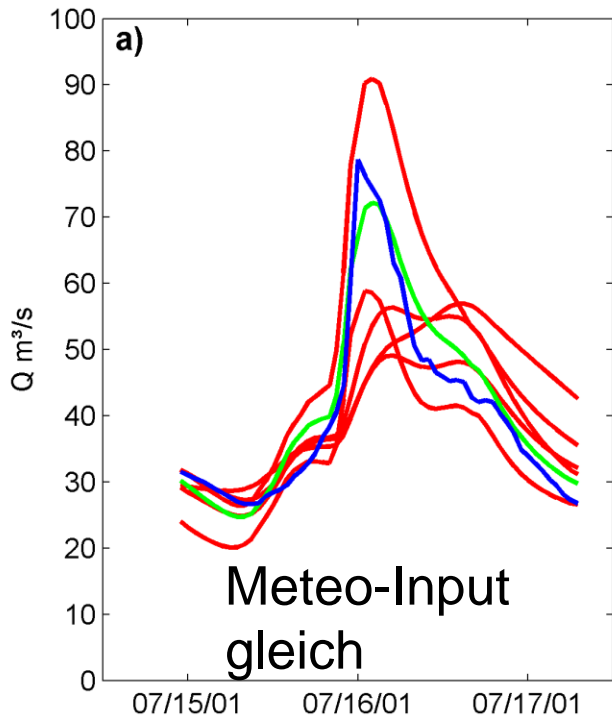
er, J., Schneider, K., Helfricht, K., Schattan, P., Achleitner, S., Schöberl, R. (2014): Snow cover characteristics in a glacierized catchment Tyrolean Alps - Improved spatially distributed modelling by usage of data. *Journal of Hydrology* 519 (2014) 3492–3510.

- Monte Carlo Simulationen von Schnee und Abfluss
 - SWE_{ALS} eignet sich besser als Schneeflächendaten (Landsat) zur Kalibrierung



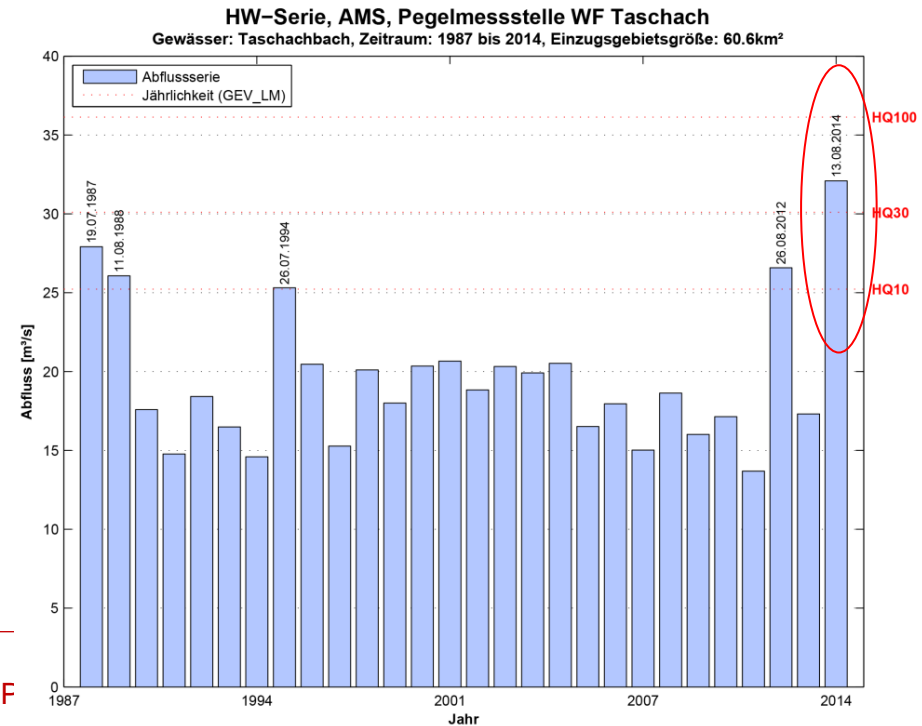
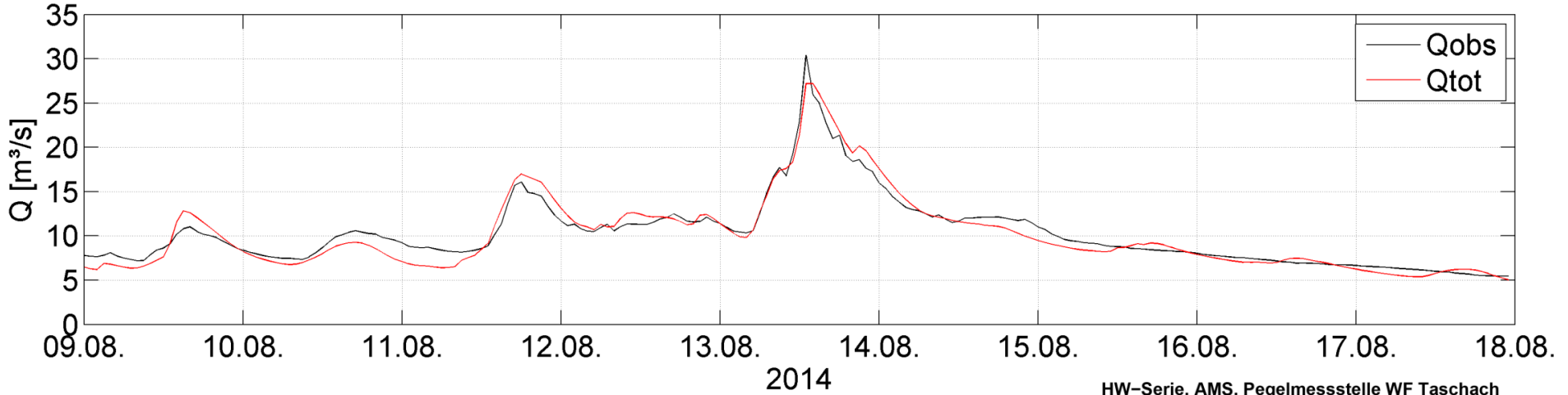
Schöber, J., Schneider, K., Helfricht, K., Schattan, P., Achleitner, S., Schöberl, F., Kimbauer, R. (2014): Snow cover characteristics in a glacierized catchment in the Tyrolean Alps - Improved spatially distributed modelling by usage of Lidar data. *Journal of Hydrology* 519 (2014) 3492–3510.

- Regen auf Schnee Hochwasser am 16.07.2001 in Vent



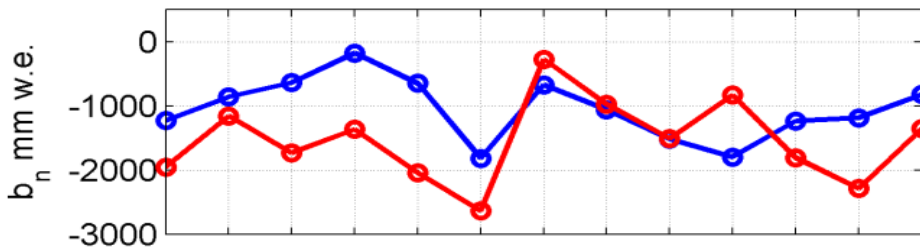
Schöber, J (2014): Improved snow and runoff modelling of glacierized catchments for flood forecasting. Doctoral Thesis, Innsbruck.

■ HHQ an der Wasserfassung Taschachbach

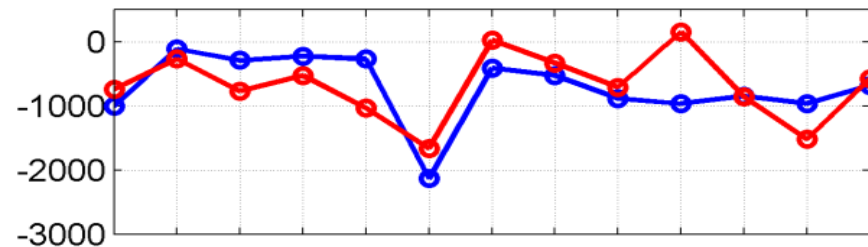


Validierung Gletschermassenbilanzen

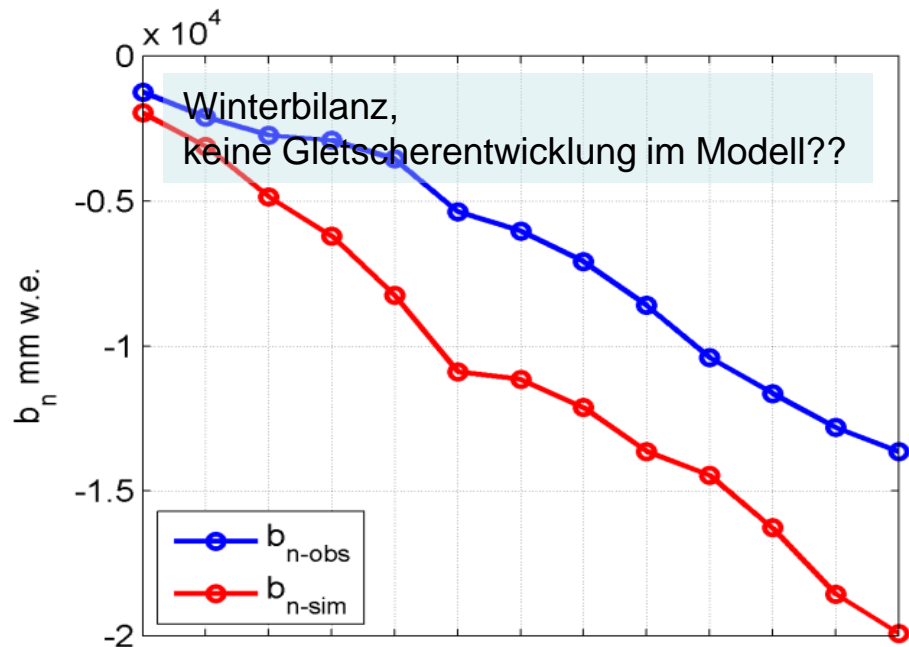
Hintereisferner (7.5 km²)



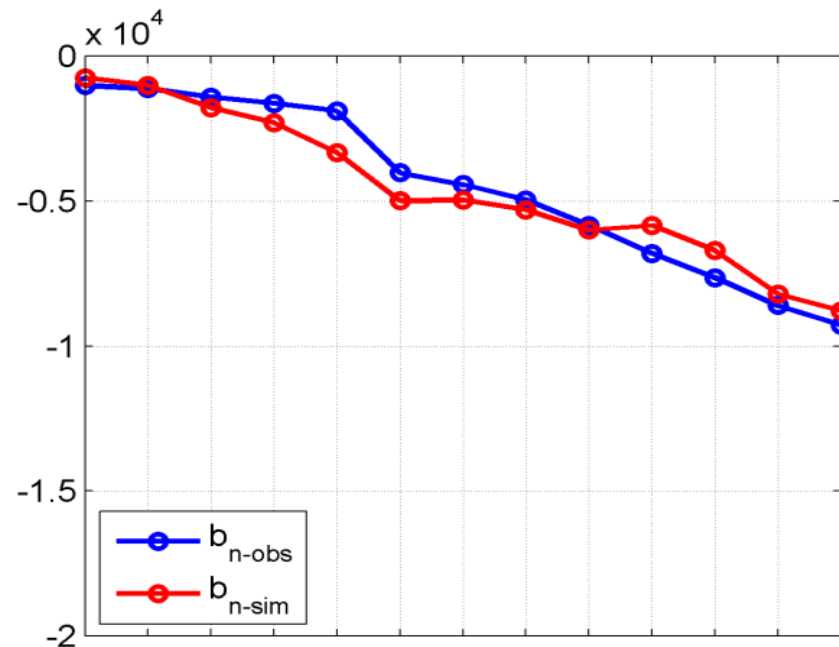
Vernagtferner (8.3 km²)



$\times 10^4$
Winterbilanz,
keine Gletscherentwicklung im Modell??



97/98 98/99 99/00 00/01 01/02 02/03 03/04 04/05 05/06 06/07 07/08 08/09 09/10



97/98 98/99 99/00 00/01 01/02 02/03 03/04 04/05 05/06 06/07 07/08 08/09 09/10

Messdaten: Universität Innsbruck; Kommission für Erdmessung und Glaziologie, München

- Hydrologisches Prozessmodell um Abflussregime und Extreme abbilden zu können
- Signifikante Modellverbesserung durch Schneewasseräquivalent aus Lidar
- Physikalisch basierter Modellansatz erlaubt Parameter-Übertragung
→ Modell Taschachbach nie kalibriert
- Unveränderliche Gletschergeometrie im Modell führt zu Unsicherheiten bei der Massenbilanz → für langjährige Untersuchungen wichtig!

Danke an die Partner in den Forschungsprojekten:

- **HoPI** – Hochwasserprognose für den Inn
- **MUSICALS** – Multiscale Snow/Icemelt Discharge Simulations into Alpine Reservoirs

