

Innsbrucker Hofburggespräche

"Herausforderungen beim Monitoring von Hochwasserereignissen im Zusammenhang mit dem Klimawandel"

B. Kohl, S. Achleitner

Einleitung

CHATGPT antwortet wie folgt auf die Frage nach den drei wichtigsten Forschungsfragen zum Thema „*Monitoring von Hochwasserereignissen im Zusammenhang mit dem Klimawandel*„ :

1. Wie wird sich der Klimawandel in Zukunft auf das Auftreten und die Intensität von Hochwasserereignissen auswirken?
2. Wie können wir innovative Technologien und Ansätze zur Überwachung und Vorhersage von Hochwasserereignissen nutzen, um die Resilienz von Gemeinden und Infrastruktur zu erhöhen?
3. Wie können wir die Wirksamkeit und Effektivität von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen bewerten und verbessern?

Gliederung

Monitoring von Hochwasserereignissen

- Monitoring Boden
- Monitoring Schnee
- Monitoring Abfluss
- (Monitoring Feststofftransport)



Bodenfeuchtemonitoring

Herausforderungen:

Innovative Technologien und Ansätze zur Überwachung und Vorhersage von Hochwasserereignissen

- Mehr messen
- Besser messen
- Messungen nutzen



Bodenfeuchtemonitoring

„Der wahre Wert einer physikalischen Größe kann niemals exakt bestimmt, sondern nur geschätzt werden. Eine solche Schätzung wird Messung genannt. Ziel einer Messung ist es, den besten Schätzwert für den wahren Wert zu bestimmen und dazu die Unsicherheit (den Fehler) der Messung anzugeben.“

Sammelband zur quantitativen Erfassung und Auswertung bodenphysikalischer Größen anlässlich 25 Jahre Bodenwasserbeobachtung

Quelle: BMLRT 2020

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

Wasser im Boden

Sammelband zur quantitativen Erfassung und Auswertung bodenphysikalischer Größen anlässlich 25 Jahre Bodenwasserbeobachtung



Bodenfeuchte Messsysteme

- Gravimetrie (Wägemethode)
- Tensiometrie (Saugspannungsänderung)
- Zeitbereichs Reflektometrie (TDR)
- Frequenzbereichs Reflektometrie (FDR)
- Kapazitive Messung
- Impedanz Spektroskopie
- Thermische Leitfähigkeit Wärmeflux-Sensor
- Radiometrie (Neutronen - Streuung;
Gammastrahlen - Dämpfung)
- Cosmic Ray Neutronen - Dämpfung
- Radar - Mikrowellen Messung
(Hubschrauber; Satelliten)
- Gravimetrie (Terrest. Schweremessungen Δg)



Bodenfeuchte Messsysteme

SITE SCALE (SUB-FIELD, TREATMENT, PLOT)

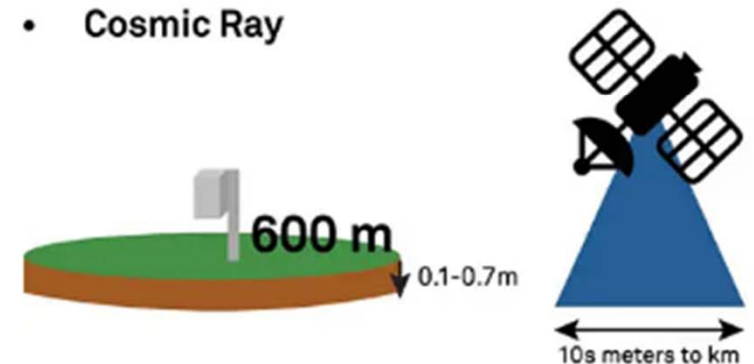
- Resistance
- Dielectric permittivity
- Thermal conductivity
- Thermalized Neutron



Quelle: <https://www.metergroup.com>

FIELD, CATCHMENT, BEYOND

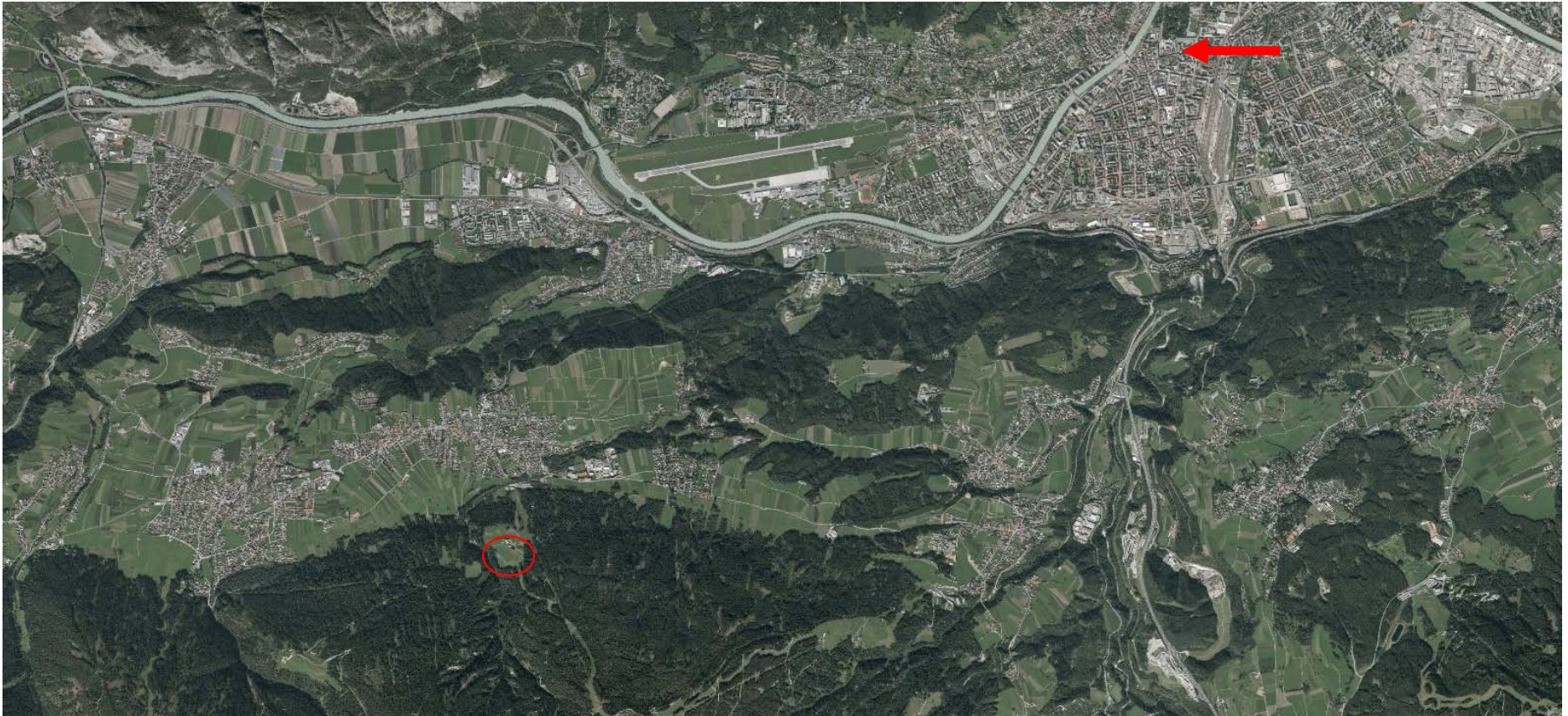
- Satellite
- Cosmic Ray



„Nachdem niemand die gesamte Erdoberfläche mit Bodenfeuchte-Sensoren ausstatten kann, sind Satellitenmessungen in diesem Bereich die einzige zuverlässige Methode.“

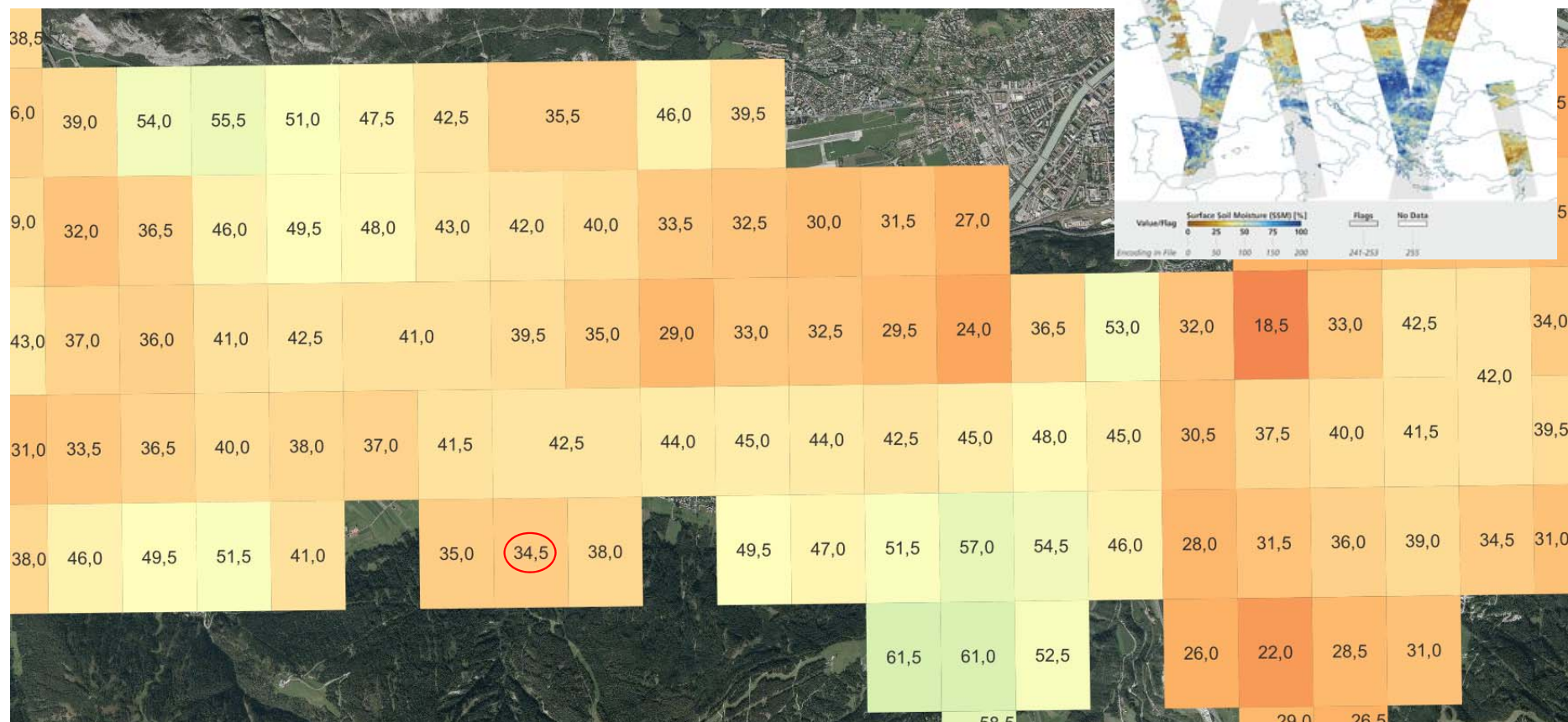
Quelle: <https://www.tuwien.at/tu-wien/aktuelles/news/news/klimaradar-aus-dem-weltraum> ; 07. Februar 2023

Bodenfeuchte Messsysteme



Quelle: Orthofoto; Land Tirol Abt. Geoinformation

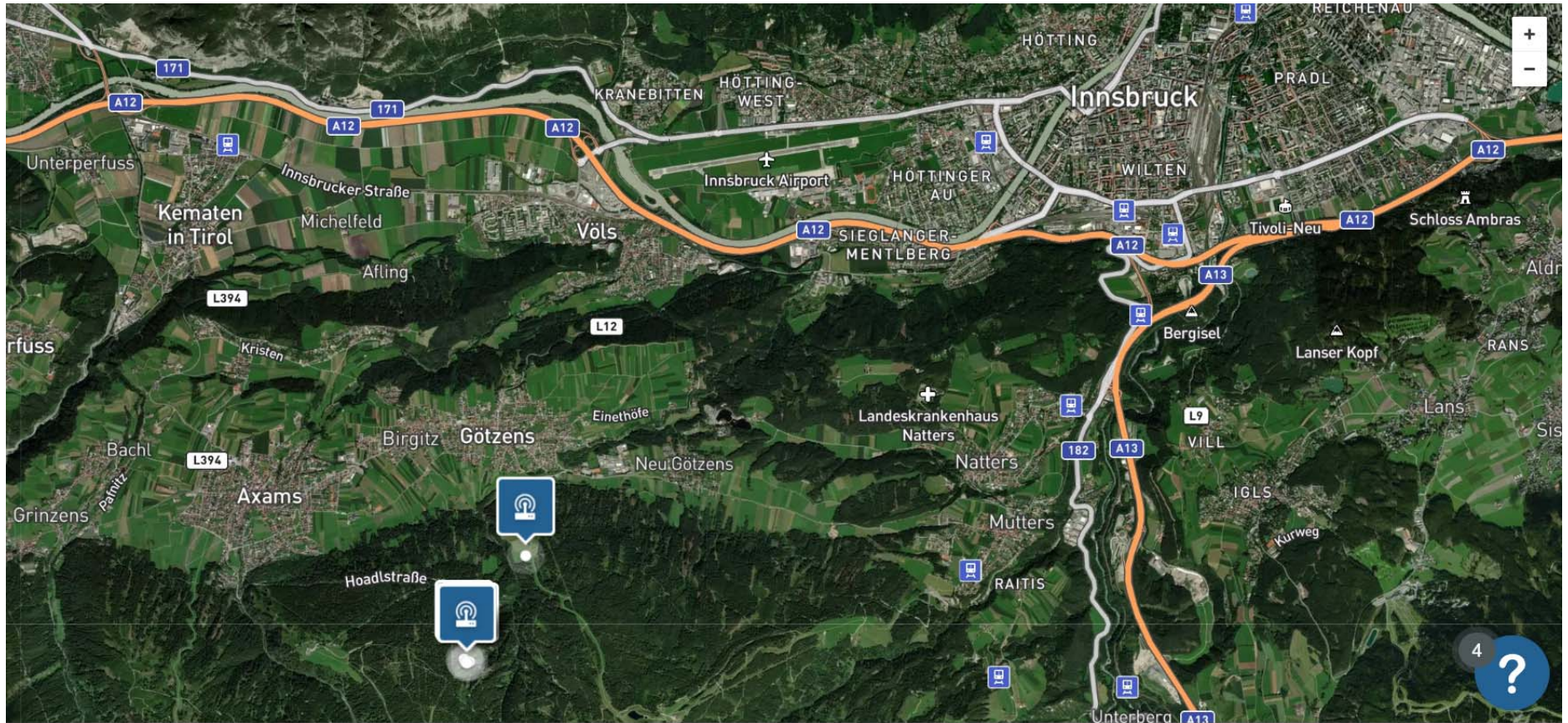
Bodenfeuchte Messsysteme



Surface soil moisture 04.03.2023

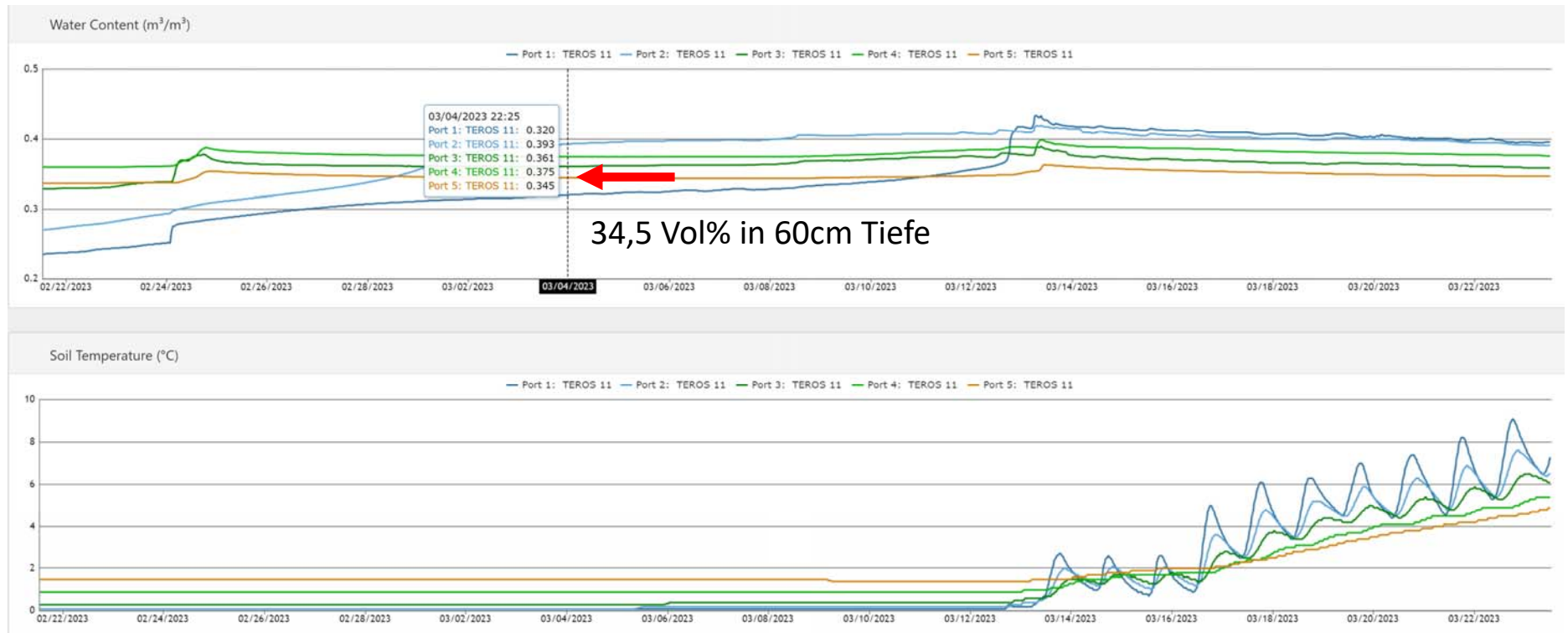
Quelle: Copernicus; <https://land.copernicus.vgt.vito.be/>; Surface Soil Moisture - Daily SSM 1km Europe V1

Bodenfeuchte Messsysteme



Quelle: <https://www.metergroup.com>

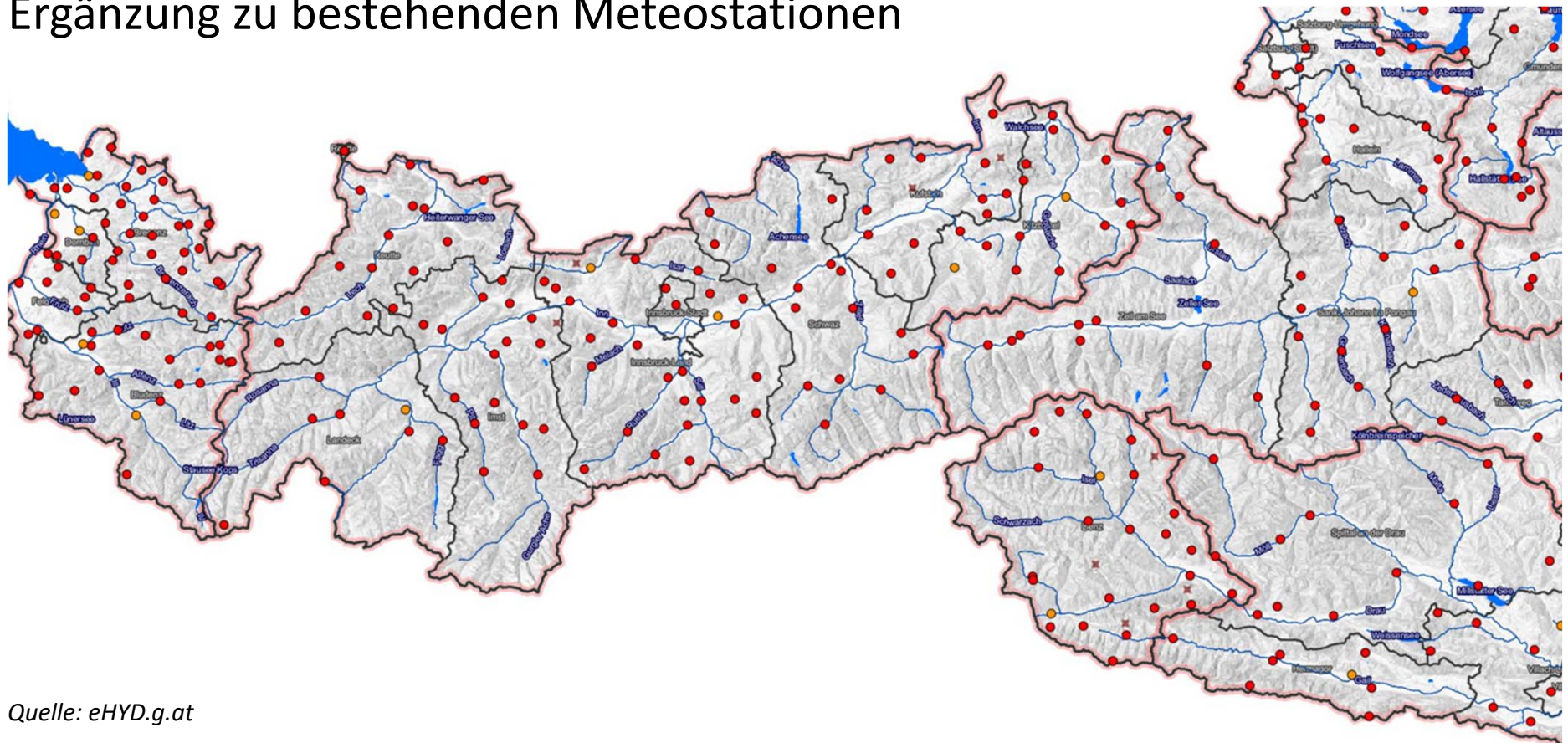
Bodenfeuchte Messsysteme



Quelle: ZENTRA-Cloud; <https://www.metergroup.com>

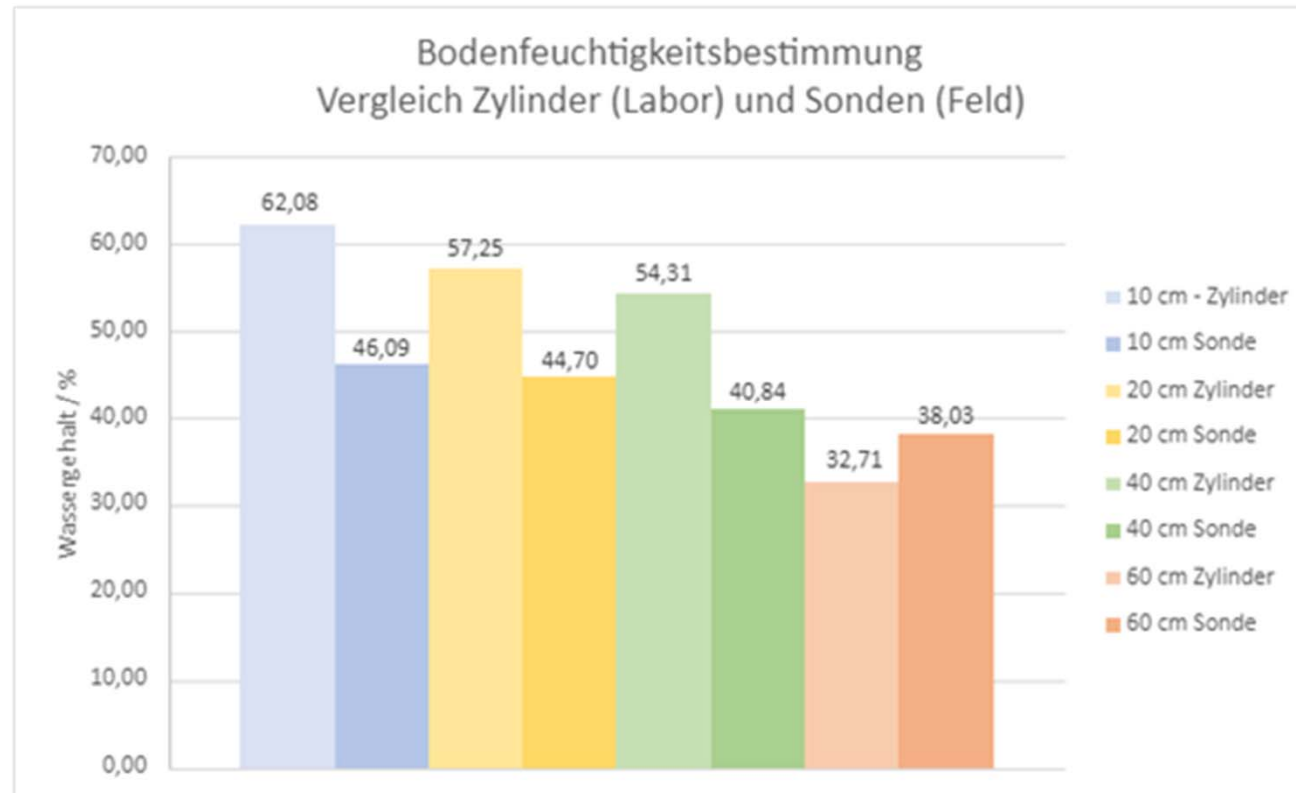
Bodenfeuchte Messnetz

Ausbau des Bodenfeuchtemessnetzes
Ergänzung zu bestehenden Meteorostationen



Quelle: eHYD.g.at

Bodenfeuchte Messsysteme kalibrieren

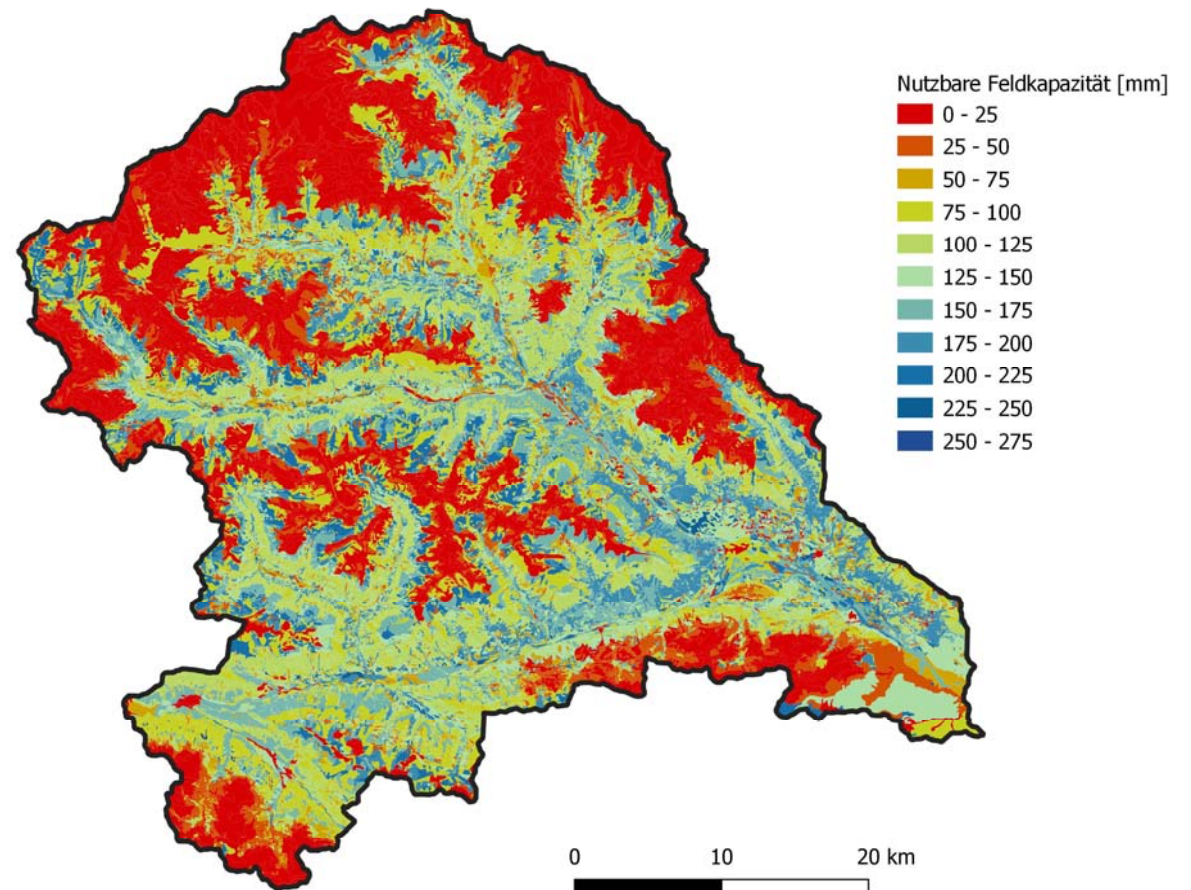


Zettersfeld Profil P 2

Quelle: Gürth, P., Markart, G., B. Kohl (2021): Bericht – Ergebnisse volumetrischer Vergleichsmessungen + Sondenkalibrierung 2021. unveröff. Projektbericht BFW Institut für Naturgefahren im Auftrag der Tiroler Landesregierung Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie. 23.S.

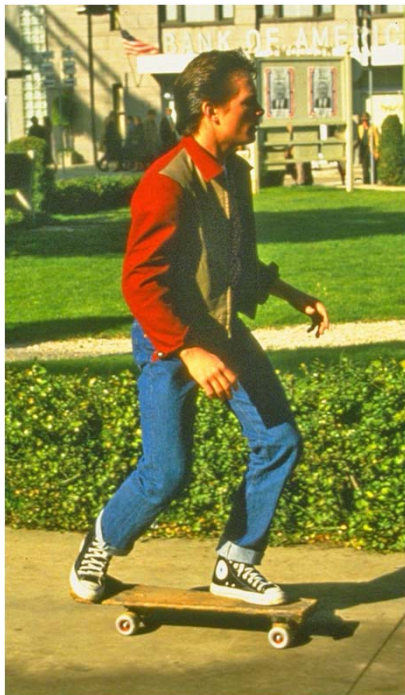
Bodenfeuchte Datenanwendung

- Bereitstellung von a priori – Parametern zur Kalibrierung und Validierung von Prognosemodellen
- Frühwarnung lokal - regional



Quelle: Kohl B. und B. Sotier (2016)

Messen + Modellieren

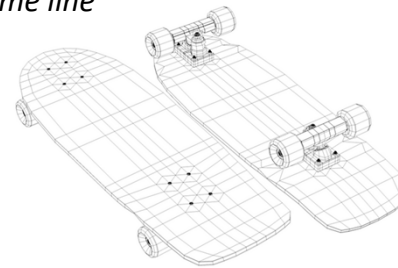


Messen

Quelle: Back to the Future, parts I+II



Doc Brown, explaining time line

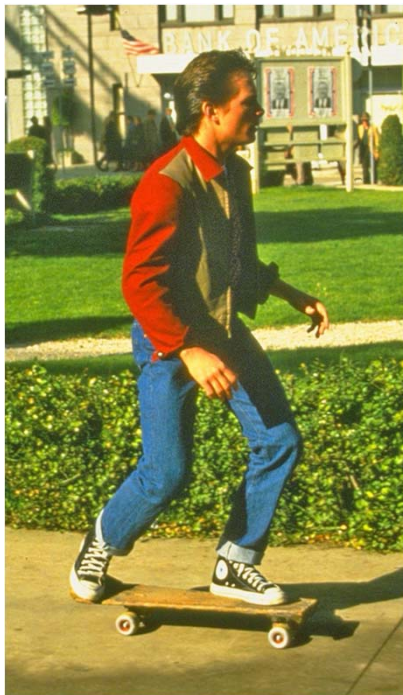


Modellieren



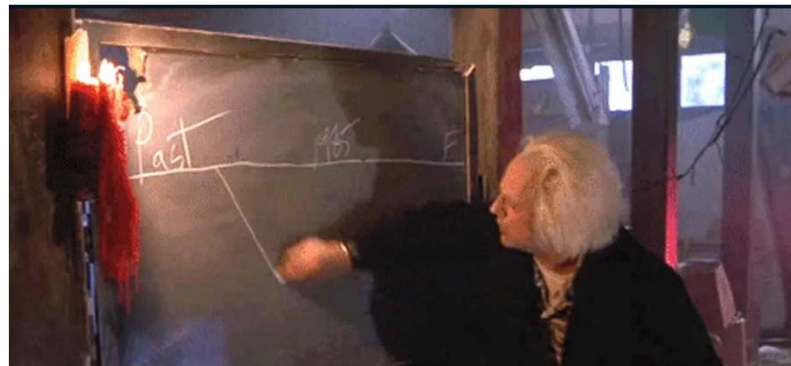
Prognose

Messen + Modellieren

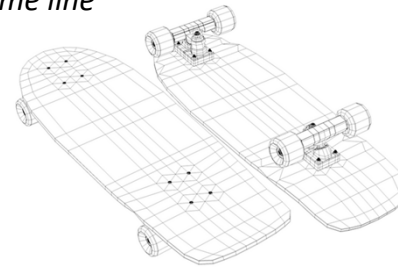


Messen

Quelle: Back to the Future, parts I+II



Doc Brown, explaining time line



Modellieren

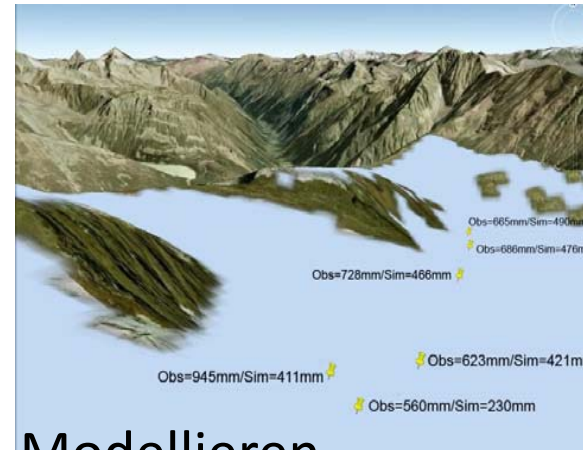


Prognose

Schneemonitoring



Messen



Modellieren

MODIS (500m x 500m) >>> SES (50m x 50m) > Landsat (30m x 30m)

Schneefläche

- Händische Kalibrierung mittels Abfluss- und Landsatdaten
- 78 % Übereinstimmung mit beobachteten Schneemustern in 13 EZG



Schneewasseräquivalent

- Fehlerhaftes SWE !! (z.B. 945 mm vs. 411 mm am Hangfuß)

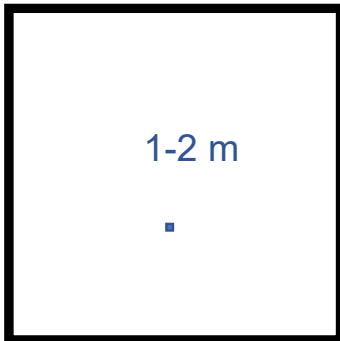


Quelle: Schöber et al. 2010

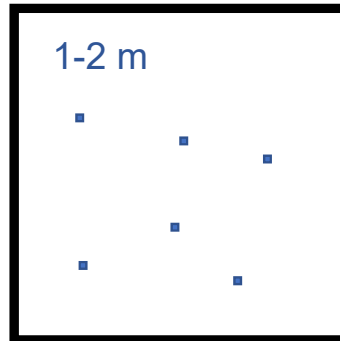
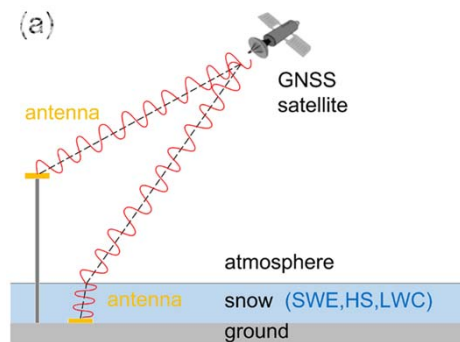
Schneemonitoring

Schneewasseräquivalent

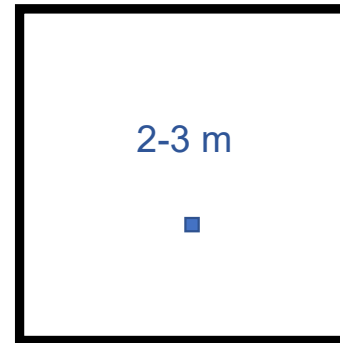
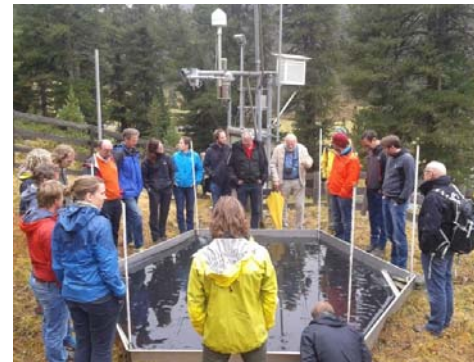
Schneedichtemessung



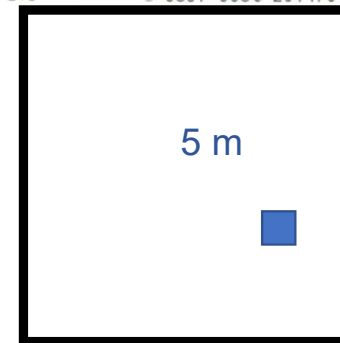
GPS, GNSS Messung ⁽¹⁾



Schneekissen



Schneedach (Lastmessung)

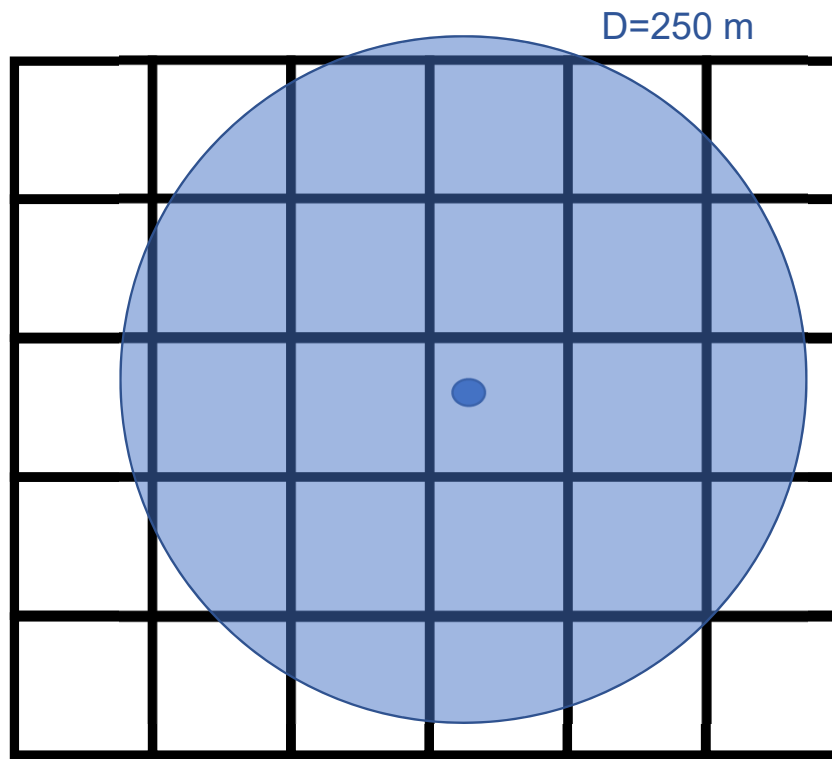
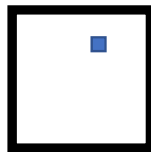
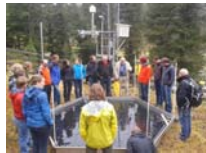
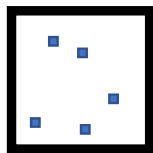
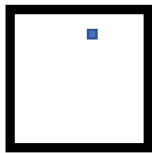
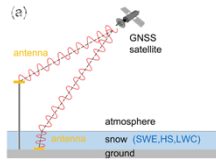


Quelle: ⁽¹⁾ Koch 2016; Capelli 2022


 Auflösung Schneemodell: 50m

Schneemonitoring

Schneewasseräquivalent



Auflösung Schneemodell: 50m

Cosmic-Ray Neutron Sensor (CRNS)



Schneemonitoring

Neutron: elektrisch neutrales Teilchen (n)

Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS)

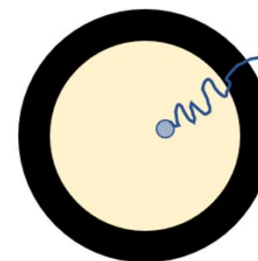
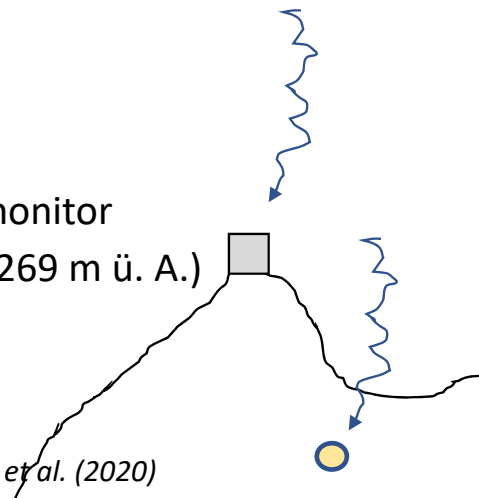
- Höhenstrahlung/Kosmische „Strahlung“ (Partikelfluss)
 - Erzeugt hochenergetische Neutronen in der Atmosphäre
- Energielevel: $\sim 10 \text{ eV} - 1 \text{ keV}$ (Epithermische Neutronen)
- Wasserstoff (H) ist wichtigster Moderator ($\sim 95\%$ des Signals)
- Neutronenzahl \leftrightarrow H in Atmosphäre, Vegetation, Boden, Schnee
- Abbildung von H (Wasserstoff) pools in einem größeren Umkreis ($\sim 250 \text{ m}$ Radius am Weisssee)
- Inverser nicht-linearer Zusammenhang



Zählung im Proportionalzählrohr
Füllgas: Helium 3

Neutronenmonitor
Hafelek (2269 m ü. A.)
seit 1931

Quelle: Schattan et al. (2020)



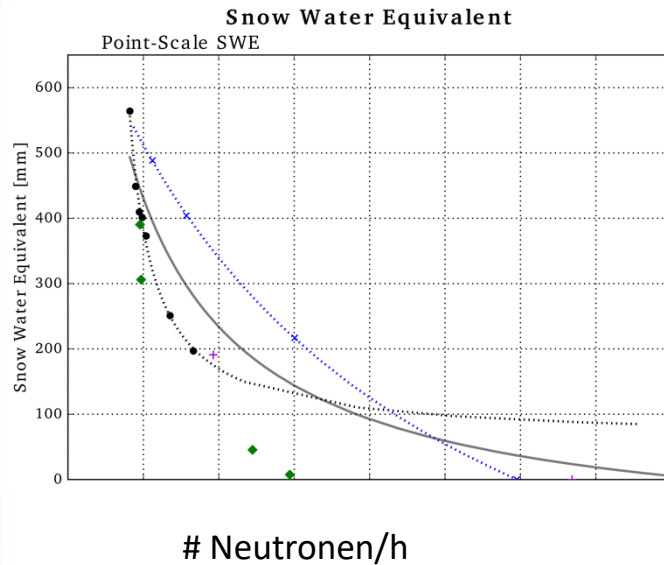
Epithermische Neutronen $> 10 \text{ eV}$
→ Sensibel auf Wasser(stoff)pools

Moderator: PE Rohr – 1" (inch)

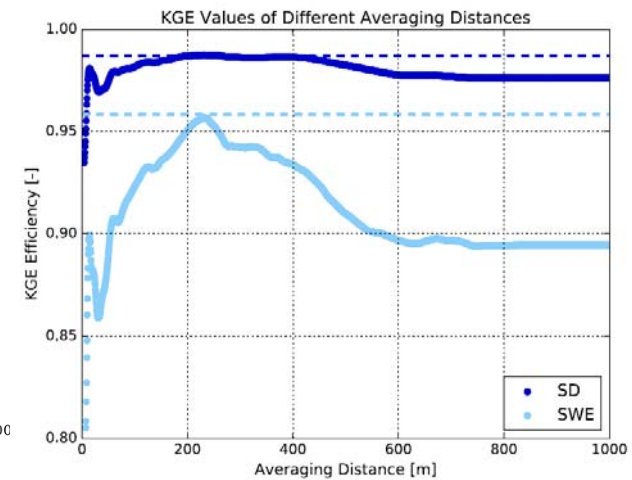
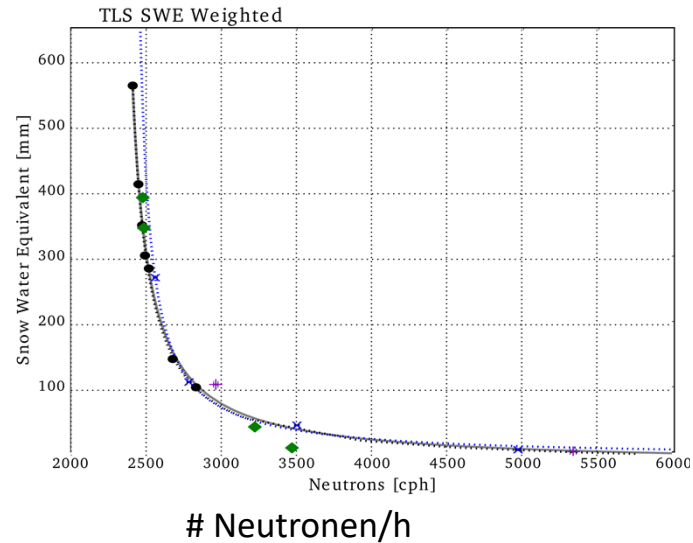
Schneemonitoring

Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS)

Punktmessung



Flächige Messung (TLS)

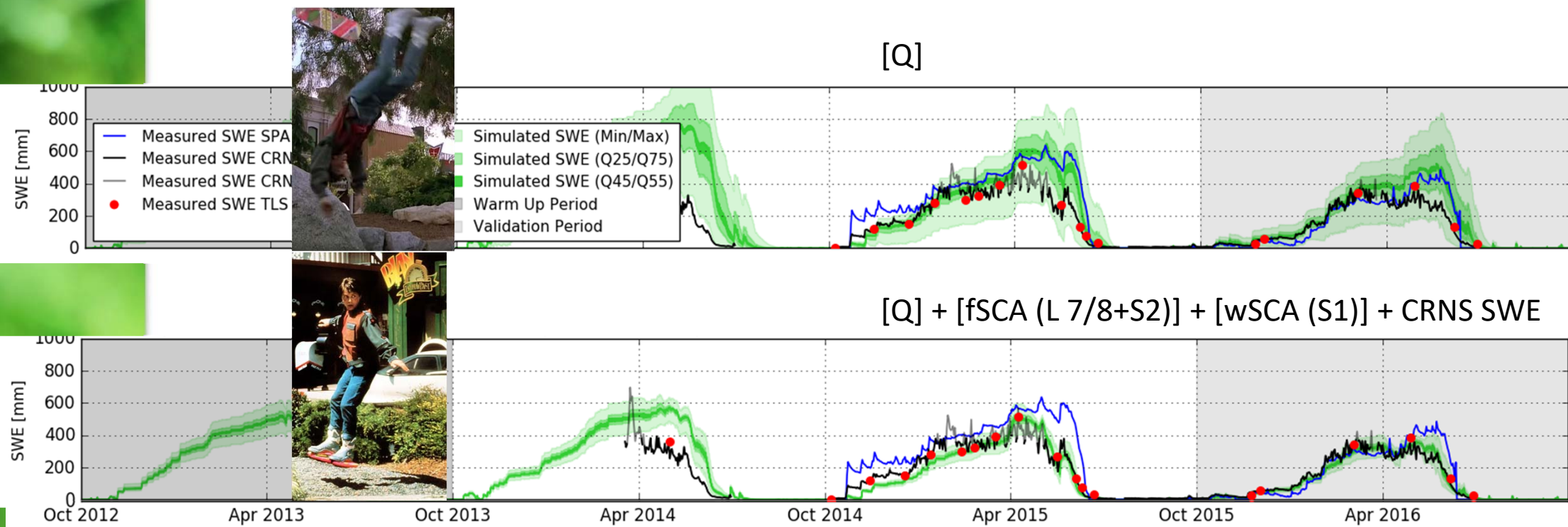


Je mehr Neutronen gefangen werden → desto weniger H in der Umgebung

Quelle: Schattan et al. (2020)

Schneemodellierung

Simulation – was macht es besser?



Smaller bandwidth...
Little Bias

OPTICAL + RADAR + CRNS
→ Improvement due to complementary information

Quelle: Schattan et al. (2020)

Abflussmessung (Rechnung)

Situationen an dem sich Abfluss unterschiedlich
(leicht/ schwer) messen lässt



(1)



(2)



(3)



(4)

Quelle: (1) Pegel Innsbruck (© HD Tirol); (2) Radarpegel Jamtal Getschnerbrücke (Projekt Hidden ICE); (3) Gletschervorfeld Jamtal (4) Hangwasser Schwertberg Oberösterreich

Abflussmessung (Rechnung)

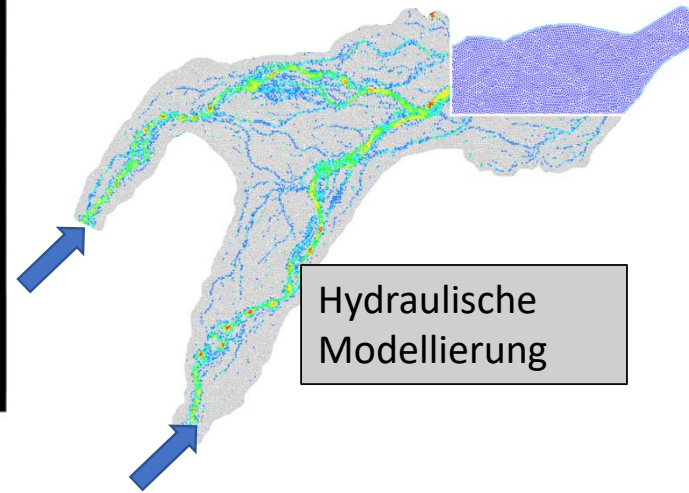
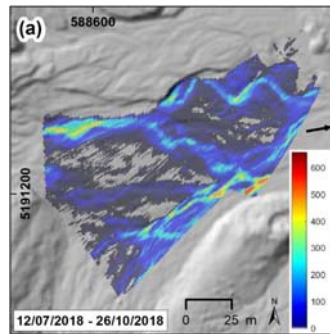
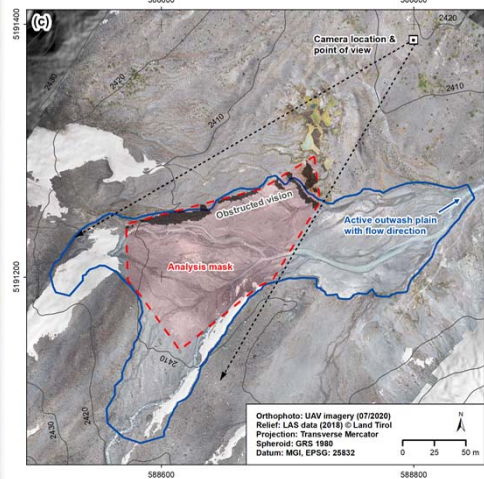
Situationen an dem sich Abfluss unterschiedlich
(leicht/ schwer) messen lässt



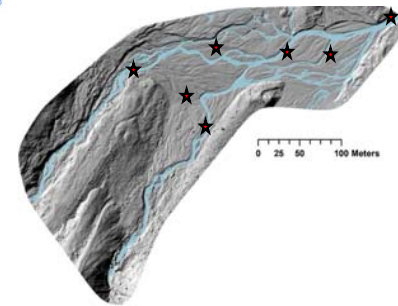
- Kein (dauerhaft) definierter Abflussquerschnitt
- Flächige Überflutung bei höheren Abflüssen
- Umlagerungen bei Abflussereignissen

Abflussmessung

Bildauswertung



Grenzwertpegel



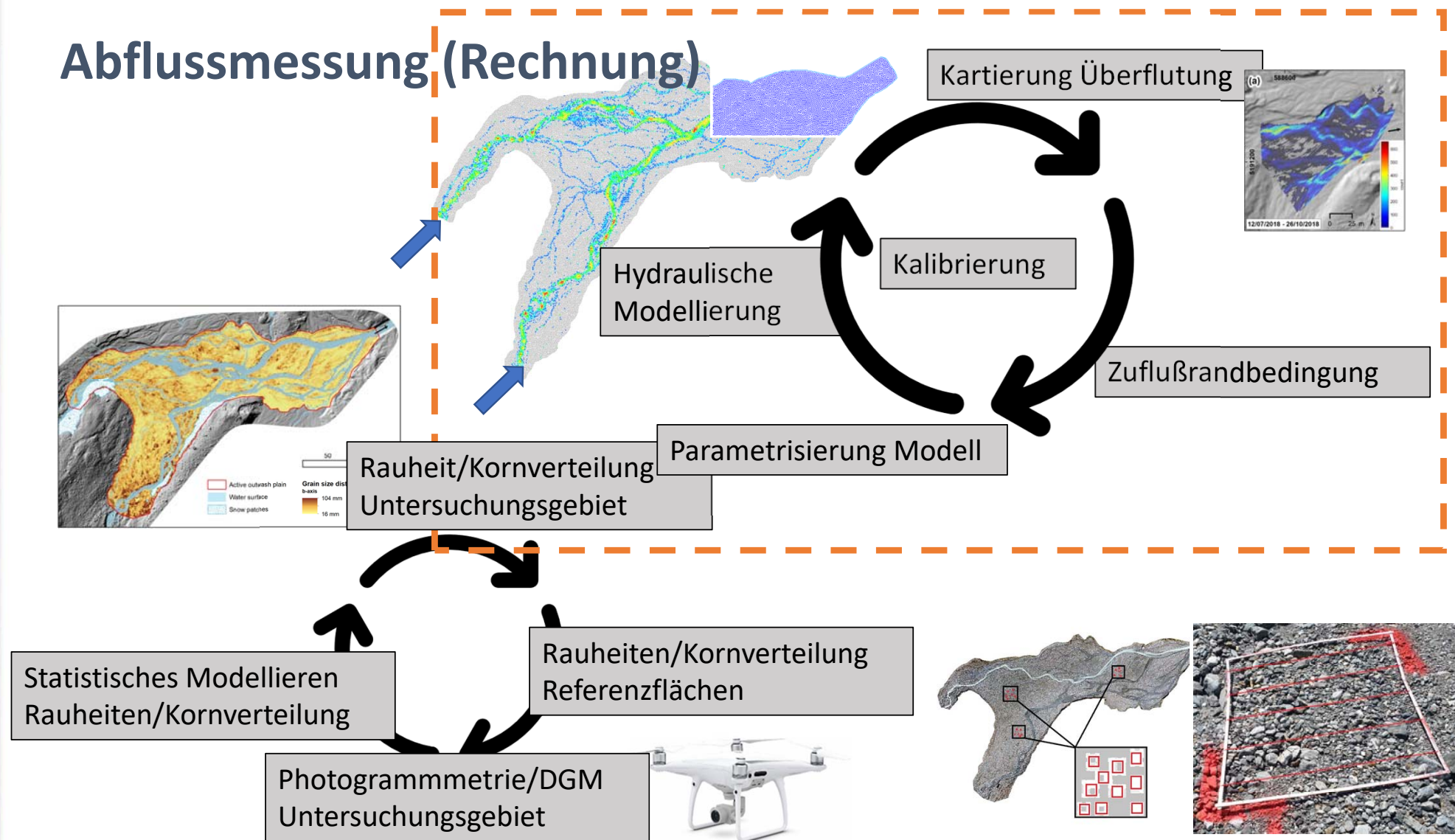
Ziel:
 Abschätzen/Eingrenze der Zuflüsse

Kalibriergrößen:
 - Überflutungsflächen
 - Wasserstände



Gletschervorfeld Jamtal (Projekt Hidden ICE); Hiller et al. 2022

Abflussmessung (Rechnung)



Gletschervorfeld Jamtal (Projekt Hidden ICE); Hiller et al. 2022; ; Hiller et al. 2023 (submitted)

Zusammenfassung - Fazit

Herausforderungen: Innovative Technologien und Ansätze zur Überwachung und Vorhersage von Hochwasserereignissen

- Mehr messen 😊
- Besser messen 😊
Betreuung der Messtechnik ist essentiell/herausfordernd 😞
- Messungen nutzen
 - 😊 *Potential zur deutlichen Verbesserung von Modellen*
 - 😞 *Nicht jede Messskale ist mit jeder Modellskale kompatibel*
 - 😐 *Einschätzung der Unsicherheiten und Limitierungen
(auch im Kontext der Klimawandels)*

