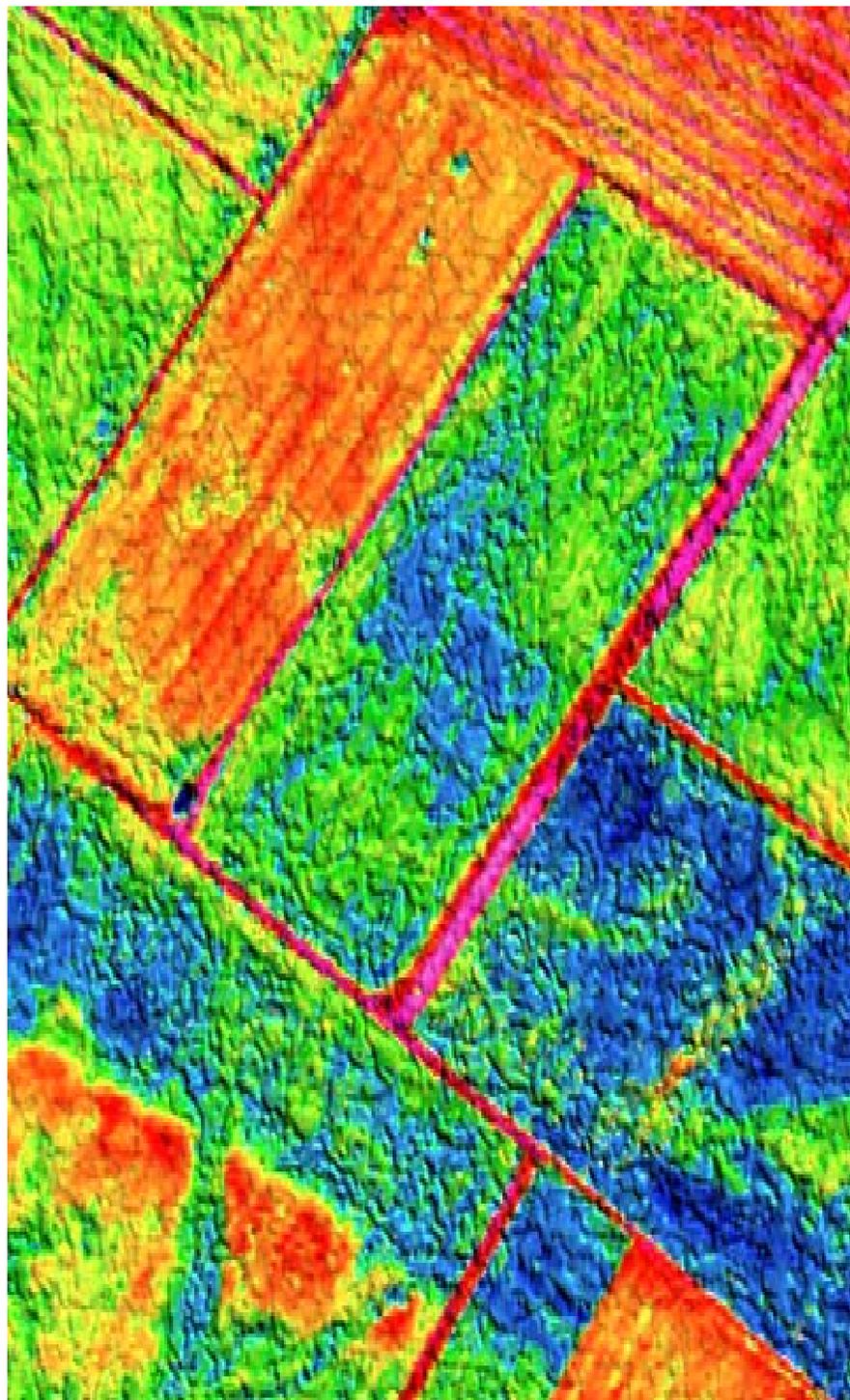




Potentiale der Fernerkundung in Hydrologie und Wasserwirtschaft

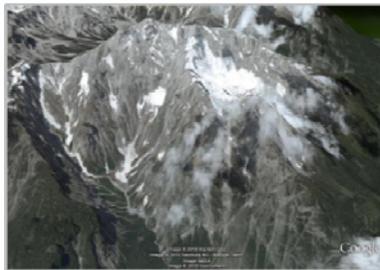
Karsten Schulz

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie &
konstruktiven Wasserbau (IWHW)
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)

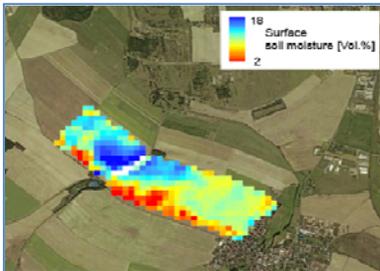


Motivation & Hintergrund

Räumliche Variabilität



DGM
Schnee/SWI

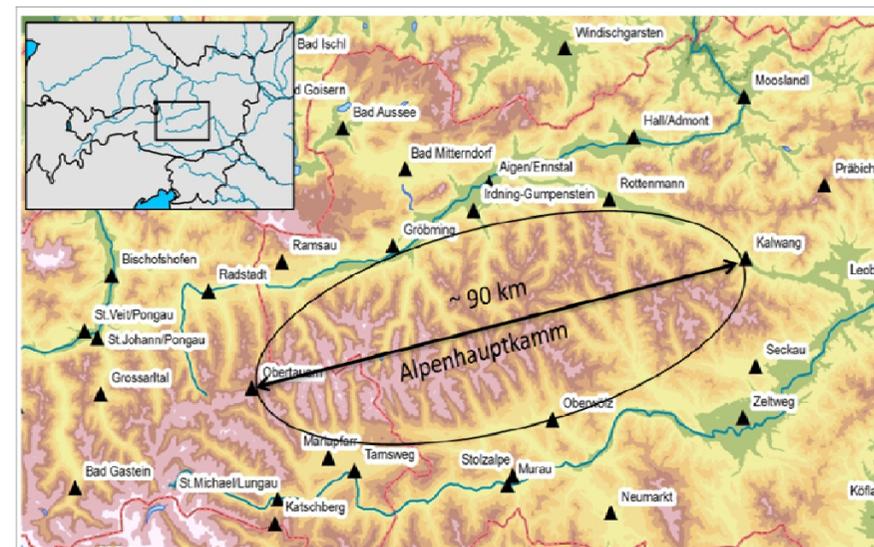


Landnutzung
Boden(-feuchte)



Niederschlag
Strahlung
Wind

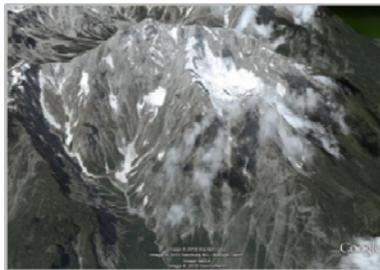
Limitierungen in der Beobachtung



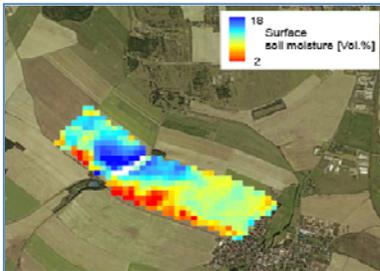
(Herzog, 2013)

Motivation & Hintergrund

Räumliche Variabilität



DGM
Schnee/SWI

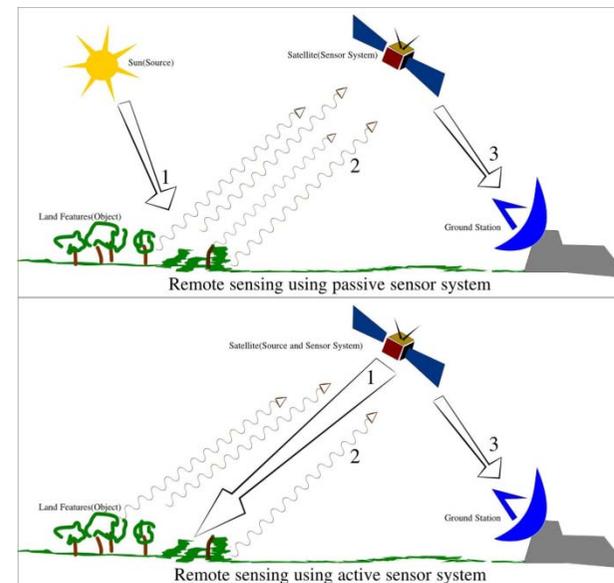


Landnutzung
Boden(-feuchte)



Niederschlag
Strahlung
Wind

Potentiale Fernerkundung



Motivation & Hintergrund

ÖWAV – Band 11/12, 2015

Springer Wien New York

zukunfft
denken

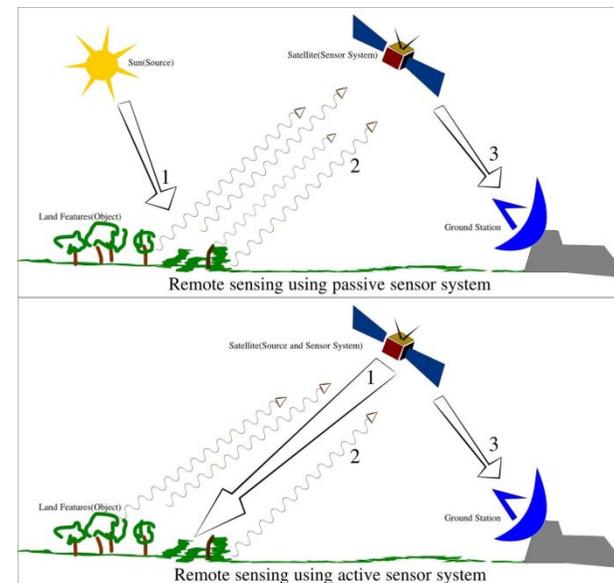
11-12/15
Österreichische
Wasser- und
Abfallwirtschaft

Mit den offiziellen Mitteilungen des ÖWAV



Potential der Fernerkundung in
Hydrologie und Wasserwirtschaft

Potentiale Fernerkundung



Motivation & Hintergrund

ÖWAV – Band 11/12, 2015



Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten: Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung auf lokaler Ebene

Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

Schneedaten aus der Fernerkundung in der hydrologischen Modellierung – Anwendungsbeispiele in Österreich

Jürgen Komma · Juraj Parajka · Christian Reszler · Hermann Stadler · Günter Blöschl

Integration von Orthofotos in die Abschätzung des Hochwasserschadenspotenzials

Claire Brenner · Benjamin Apperl · Karsten Schulz

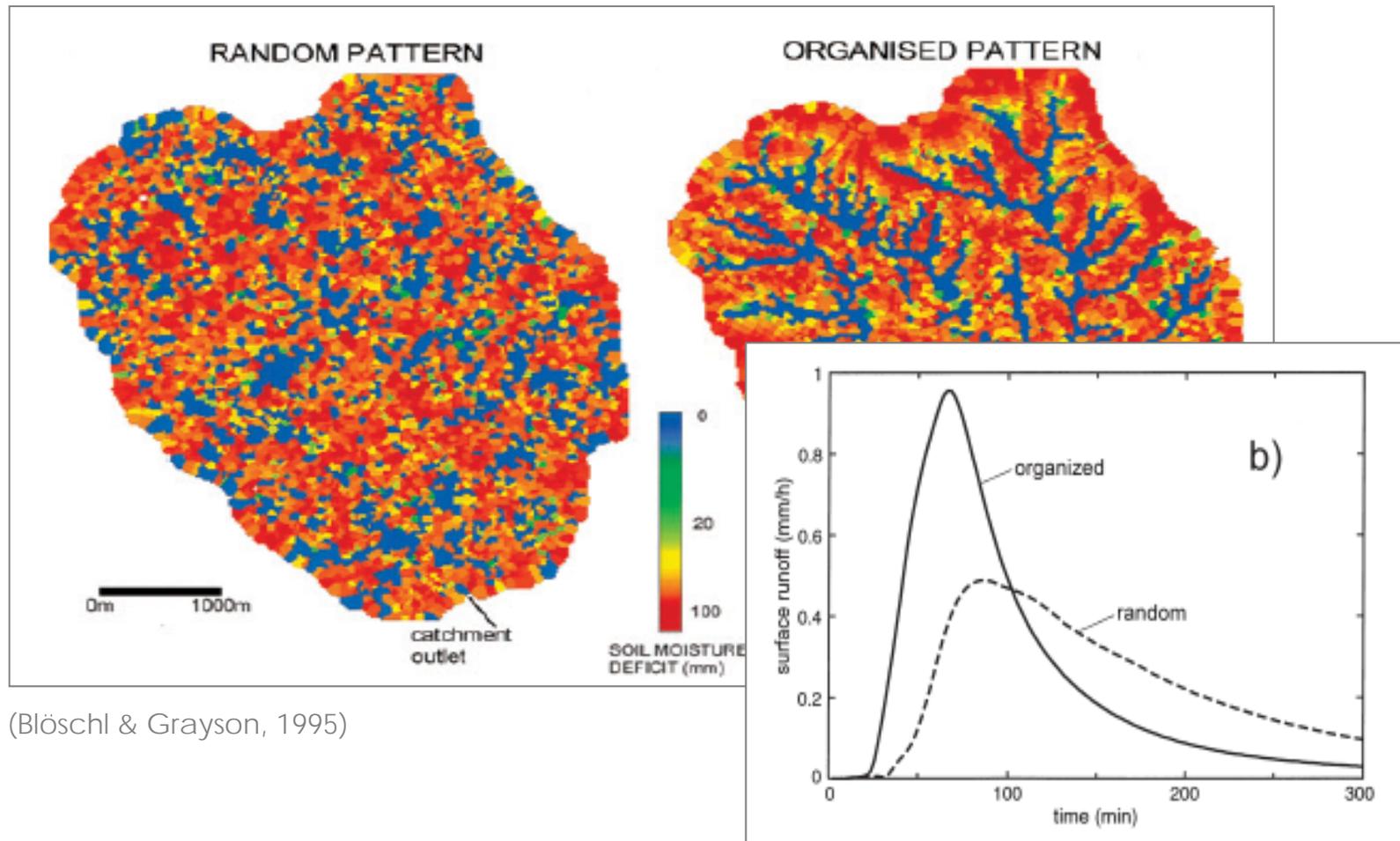
Gewässervermessung aus der Luft – Tiefenschärfe am Bodensee und die neuen Möglichkeiten der ökologischen Bewertung von Gewässern

Frank Steinbacher · Tatjana Bodmer · Ramona Baran

Distributed temperature sensing (DTS) als Messverfahren in Landoberflächenhydrologie und Siedlungswasserwirtschaft

Benjamin Apperl · Matthias Bernhardt · Karsten Schulz

Bedeutung von Mustern



(Blöschl & Grayson, 1995)

ÖWAV – Band 11/12, 2015



Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten: Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung auf lokaler Ebene

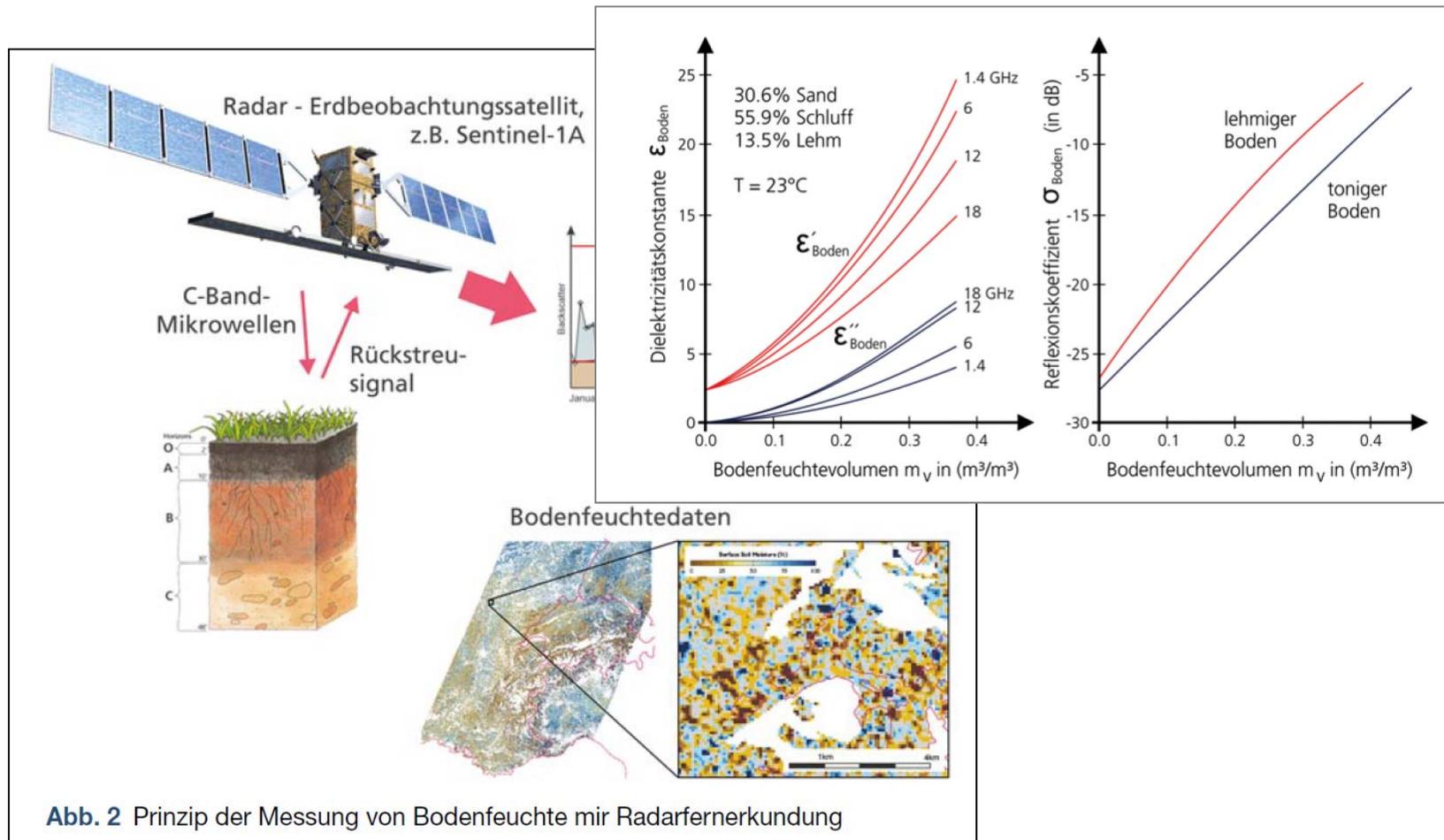
Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

Radar/Mikrowelle - Bodenfeuchte

Bedeutung der Bodenfeuchte:

- Steuert Infiltrationsvermögen und Abflussbildung
- Wasserdampftransport in die Atmosphäre →
Anfangsbedingung für Wettervorhersage
- Steuert Stoffumsetzungen im Boden ...
- und Pflanzenwachstum

Radar/Mikrowelle - Bodenfeuchte

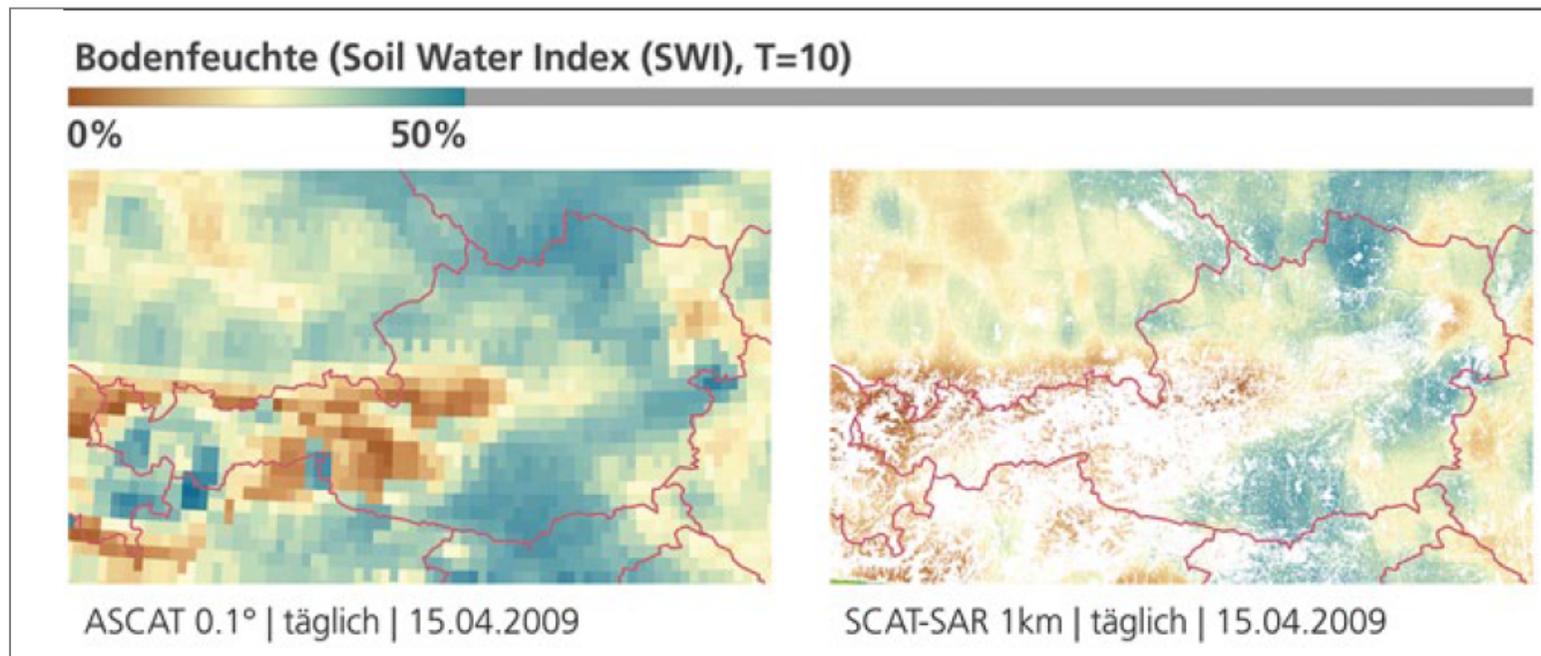


Radar/Mikrowelle - Bodenfeuchte

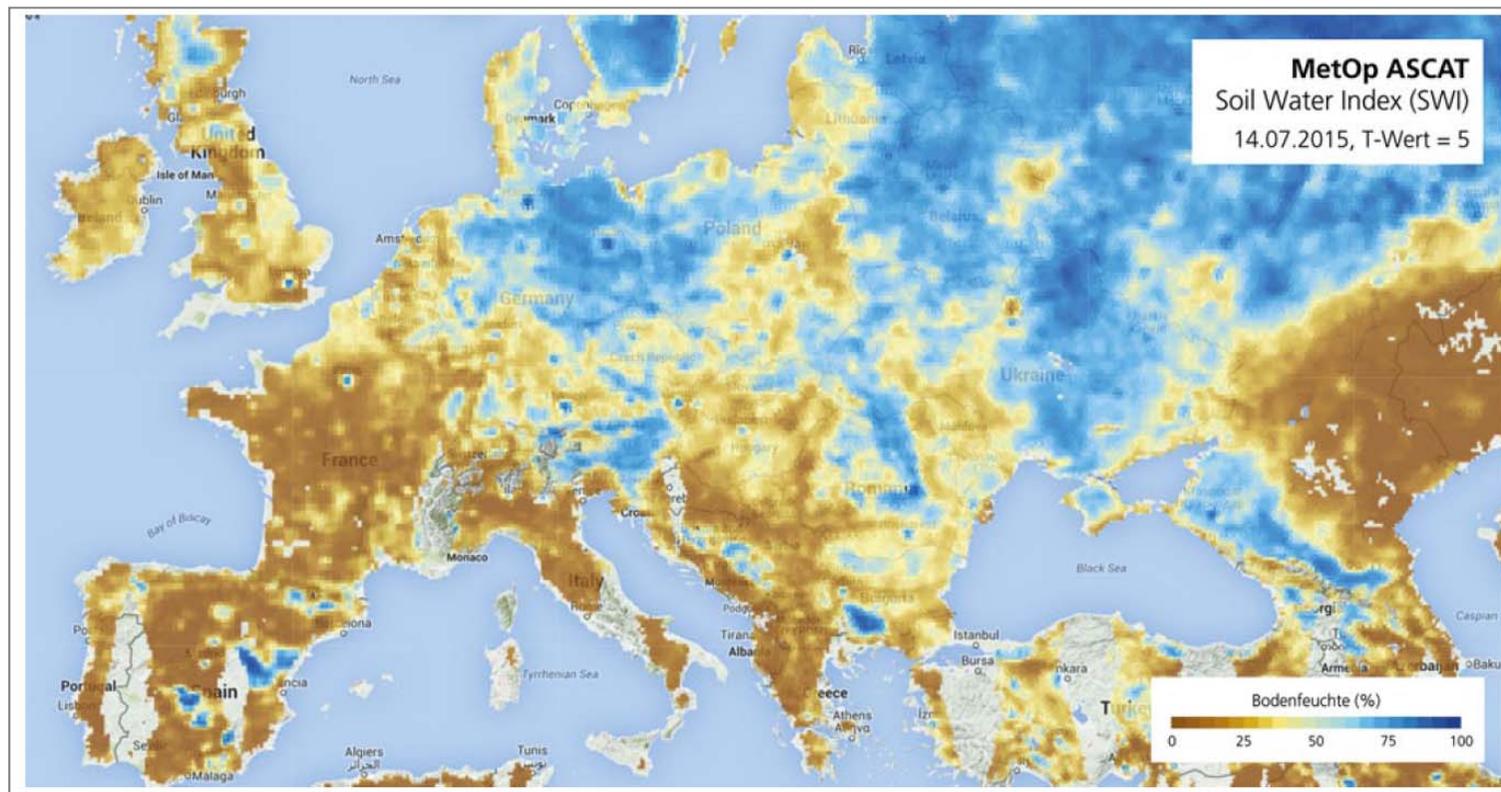
Tab. 1 Ausgewählte Bodenfeuchteprodukte der TU Wien und ihrer Partner (Stand August 2015)

Produkt	ASCAT SSM/SWI	Sentinel-1 SSM	SCAT-SAR SWI	ESA CCI SM
Sensor(en)	MetOp ASCAT	Sentinel-1 CSAR	MetOp ASCAT, Sentinel-1 CSAR	Diverse Scatterometer und Radiometer
Messabstand	~ 12,5 km	500 m	500 m	~ 25 km
Messfrequenz	~ 1 Tag	3–6 Tage	~ 1 Tag	1 Tag, 1 Monatsmittel
Zeitraum	Seit Jänner 2007	Seit Juli 2015	Ab September 2015	Seit 1978
Datenformat	Zeitreihen, Orbitbilder; NetCDF + diverse Formate	Bilder; GeoTIFF	Bilder; GeoTIFF	Zeitreihen, Bilder; NetCDF
Verfügbarkeit	Frei, operationell; global; per User-Registrierung	Frei, operationell; (geplant); global; per User-Registrierung	Frei, operationell (geplant); global; per User-Registrierung	Frei, historisch; global; per User-Registrierung
Datenzugang	http://www.eumetsat.int/website/home/Data/Products/Land/index.html	https://rs.geo.tuwien.ac.at/remote-sensing/	http://land.copernicus.eu/global/	http://www.esa-soilmoisture-cci.org/node/index.php?q=node

Radar/Mikrowelle - Bodenfeuchte



Radar/Mikrowelle - Bodenfeuchte



ÖWAV – Band 11/12, 2015



Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten: Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung auf lokaler Ebene

Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

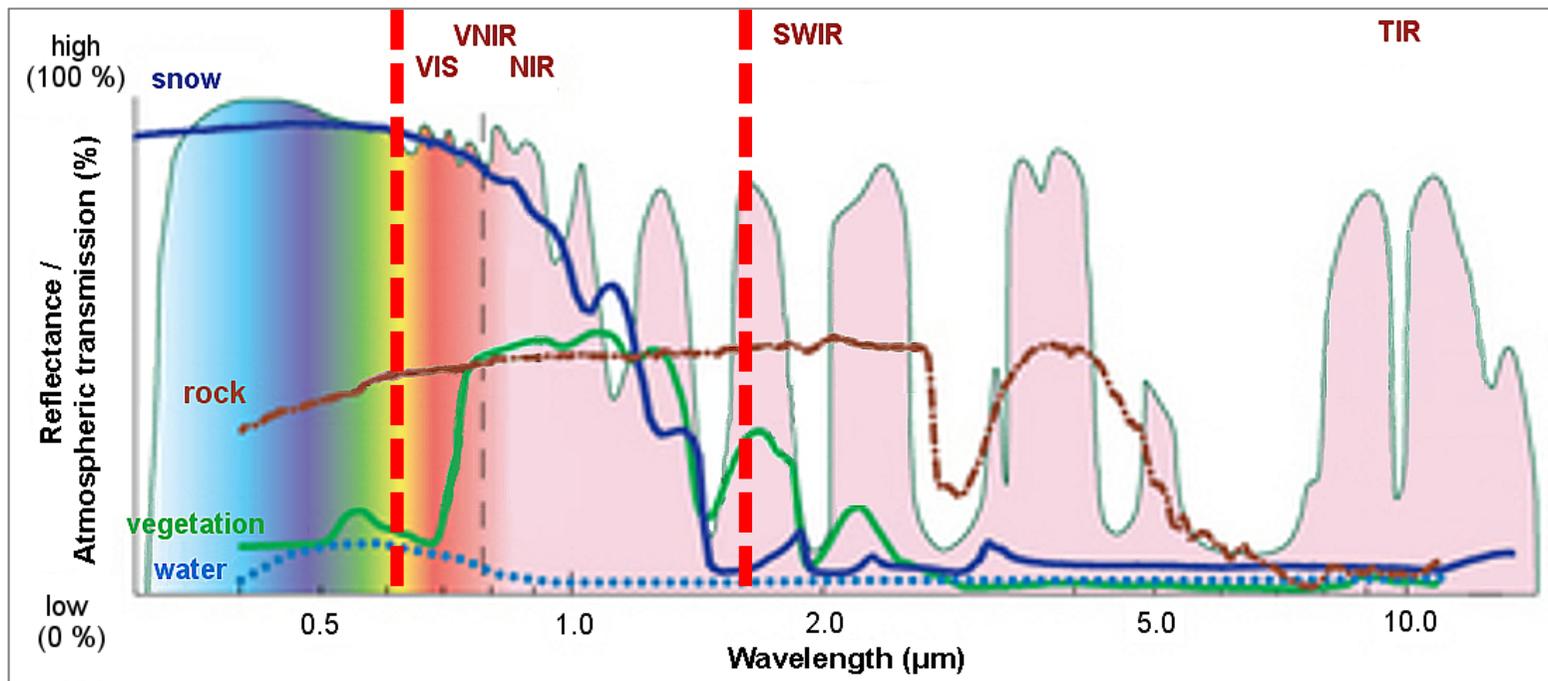
Schneedaten aus der Fernerkundung in der hydrologischen Modellierung – Anwendungsbeispiele in Österreich

Jürgen Komma · Juraj Parajka · Christian Reszler · Hermann Stadler · Günter Blöschl

VIS/Laser - Schneedecke

Normalized Differential Snow Index (>0.4):

$$NDSI = \frac{R_{660} - R_{1600}}{R_{660} + R_{1600}}$$



VIS/Laser - Schneedecke

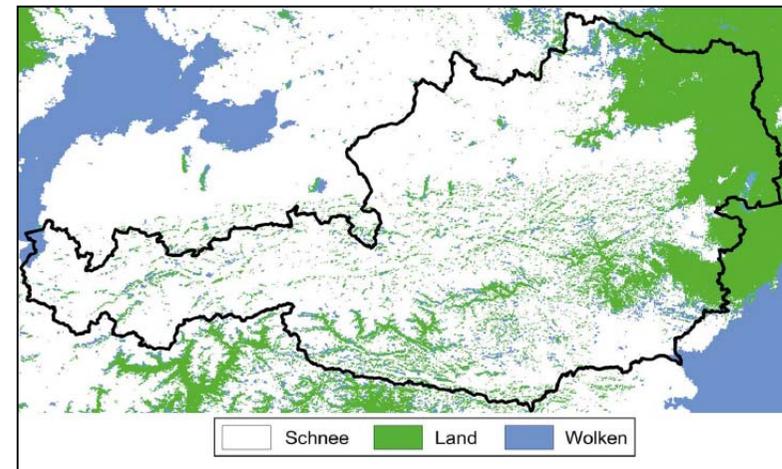
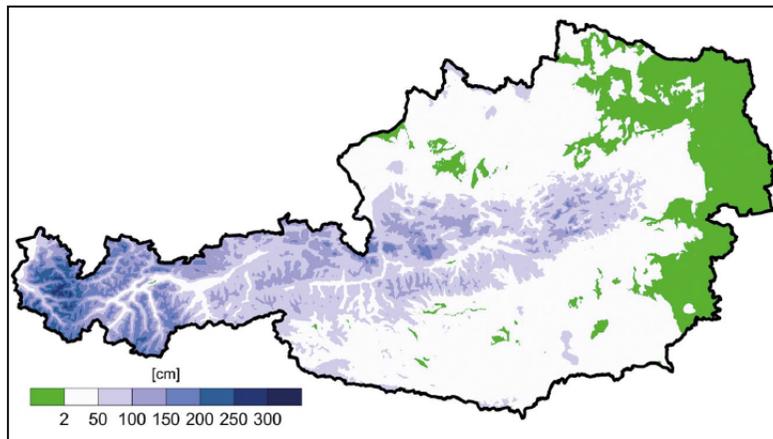
Sensor	Satellit	Beginn	Räuml. Auflösung	Zeitl. Auflösung
Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)	div. NOAA Satelliten	1998	1000 m	1–10 Bilder pro Tag
Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)	EOS Terra und Aqua	2000	500 m	1–2 Bilder pro Tag
Haute Resolution dans le Visible et l'Infra-Rouge	SPOT 4 bzw. 5	1998 bzw. 2002	20 m	Ca.3 Tage ^a
Spining Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI)	EUMETSAT-MSG	2008	5000 m	32 Bilder pro Tag
Multispectral Scanner (MSS)	Landsat	1972 bis 1983	80 m	18 Tage
Thematic Mapper (TM)		1982	30 m	16 Tage
Enhanced Thematic Mapper (ETM+)		1999		
^a bei Nutzung beider Satelliten und programmierter Sensorneigung				

VIS/Laser - Schneedecke

Stationsdaten (interpoliert)

MODIS – Schneedecke

23.2.2003



VIS/Laser - Schneedecke

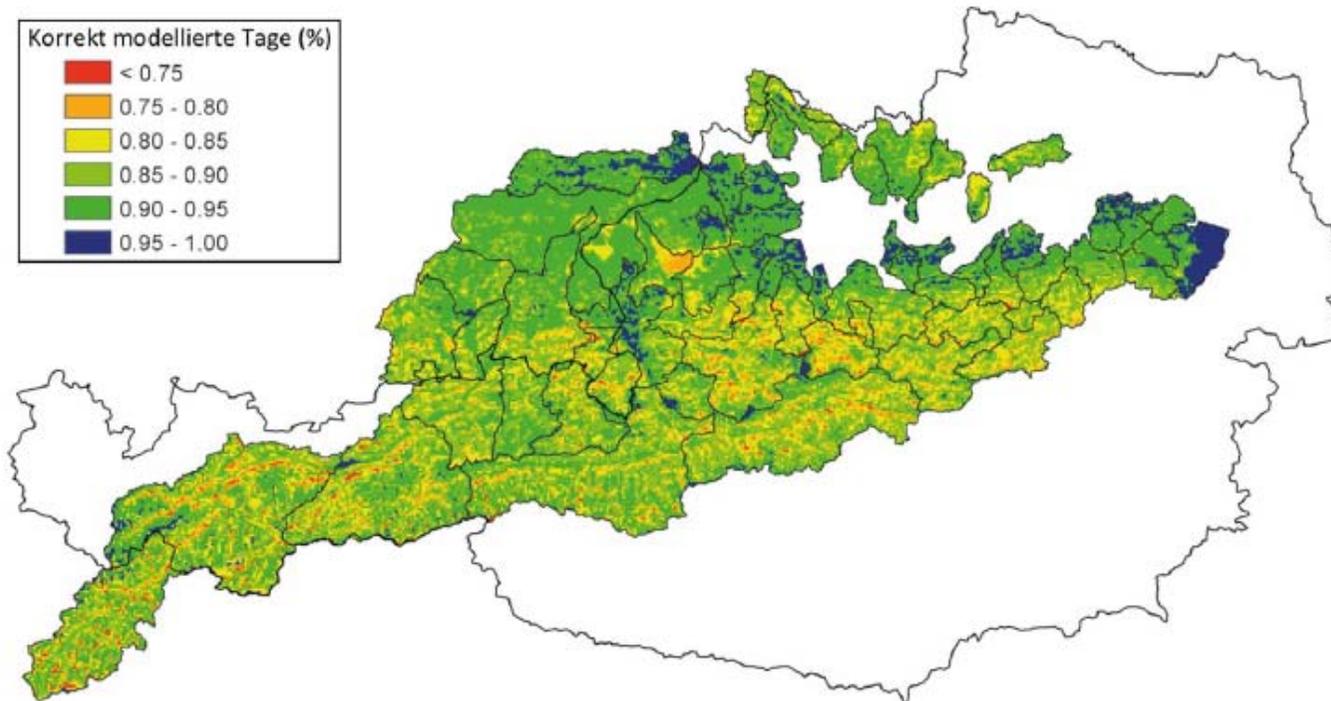
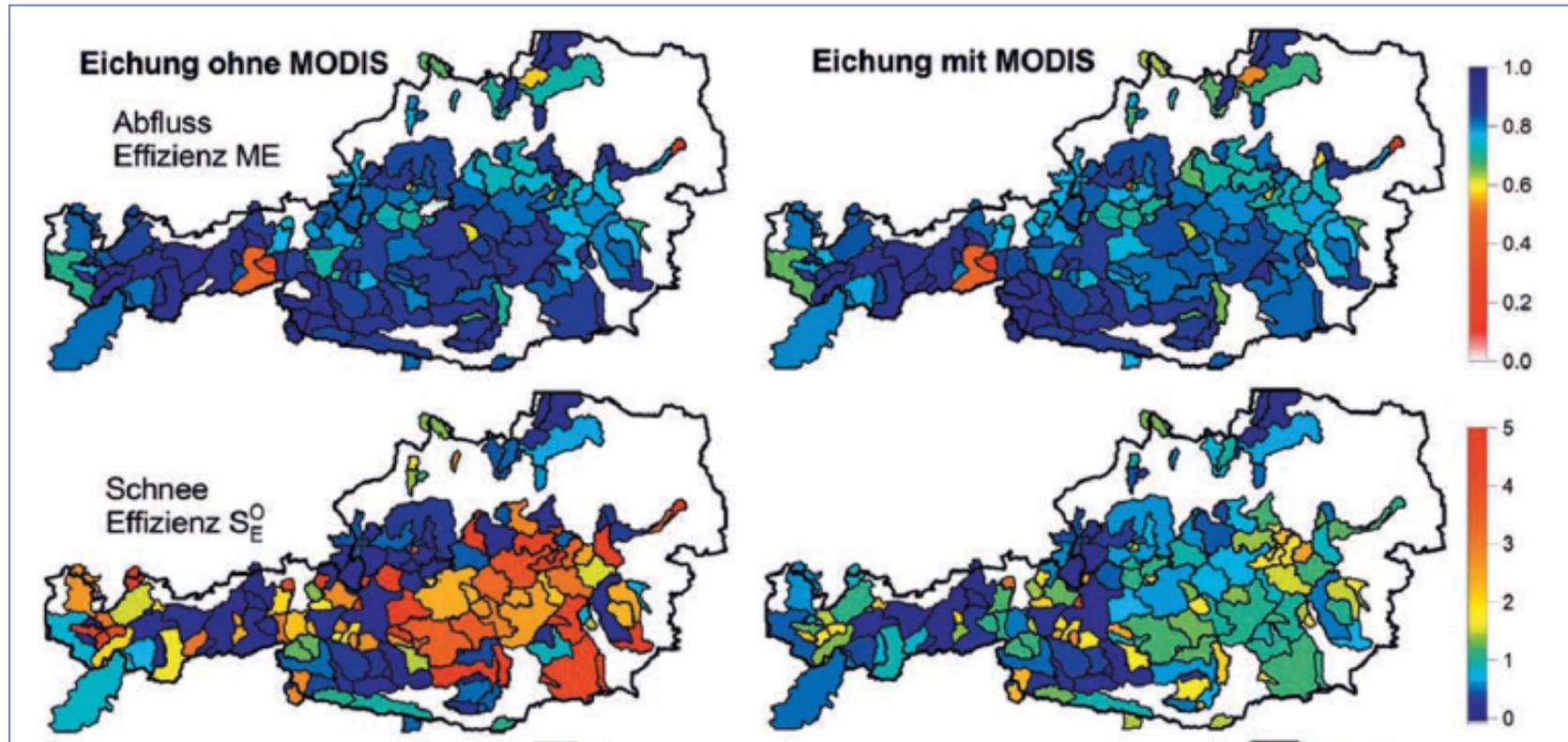


Abb. 5 Übereinstimmung von MODIS-Schneebedeckungsmustern und simulierten Schneebedeckung für das Hochwasservorhersagemodell der Donauzubringer im Zeitraum von 2003 bis 2009

VIS/Laser - Schneedecke



Deutliche Verbesserung der Modellprognosen durch Einbindung der MODIS – Daten!!!

VIS/Laser - Schneedecke



Terrestrischer Laserscanner

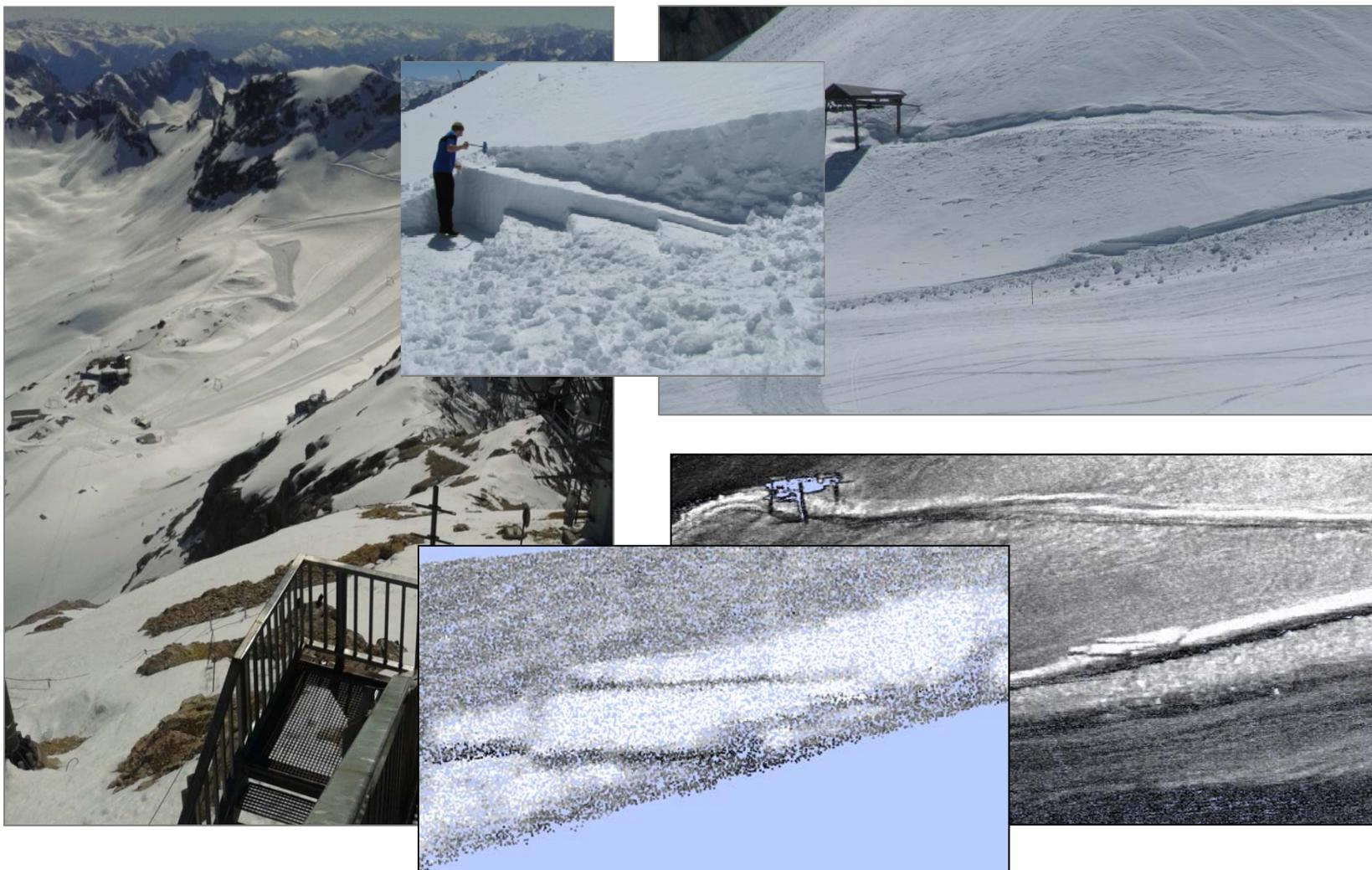
Laserscanner/Spezifikationen:

- Wellenlänge: 1064 nm
- Reichweite: max. 3 km
- 10,000 Hz

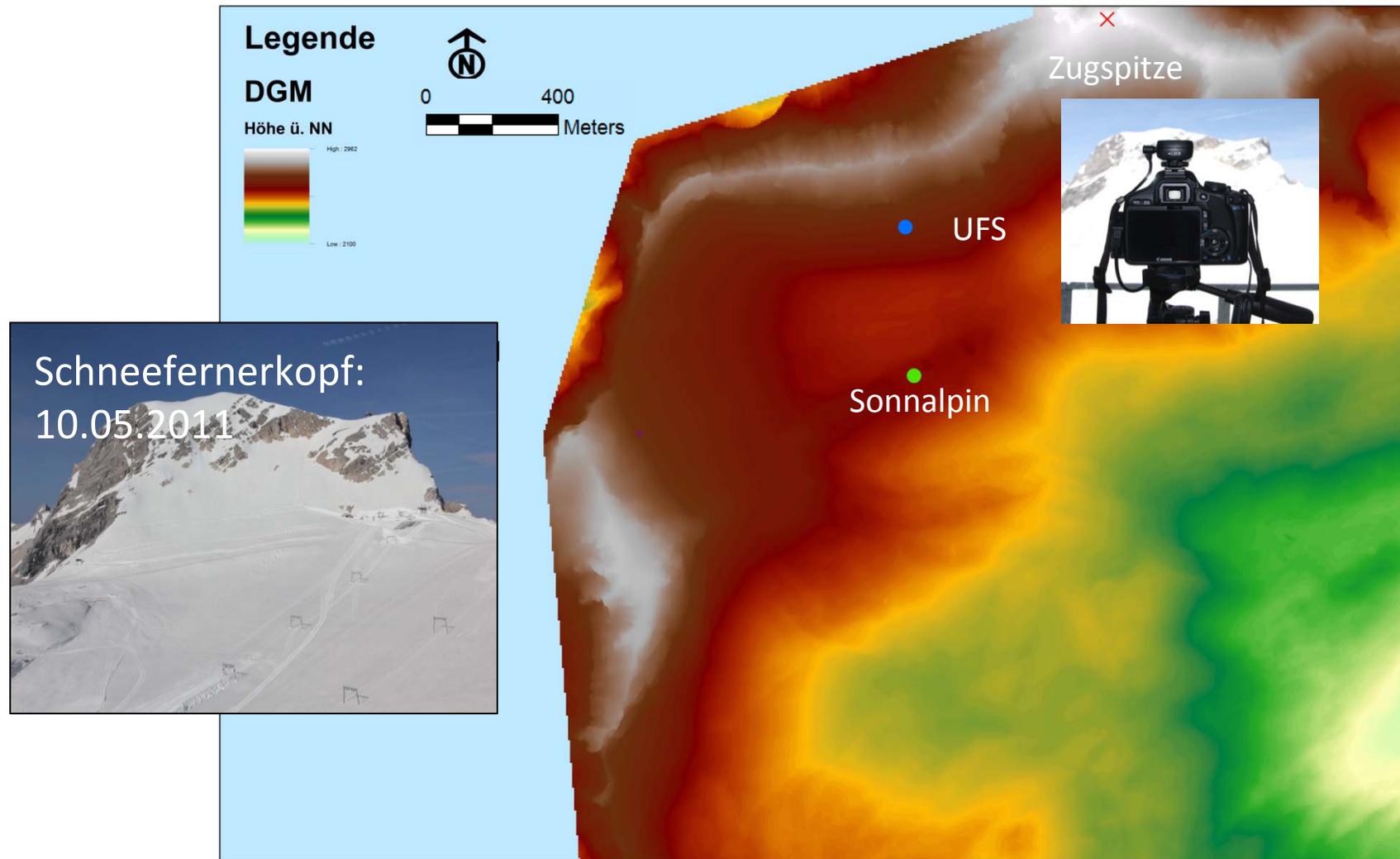


Schneefernerhaus

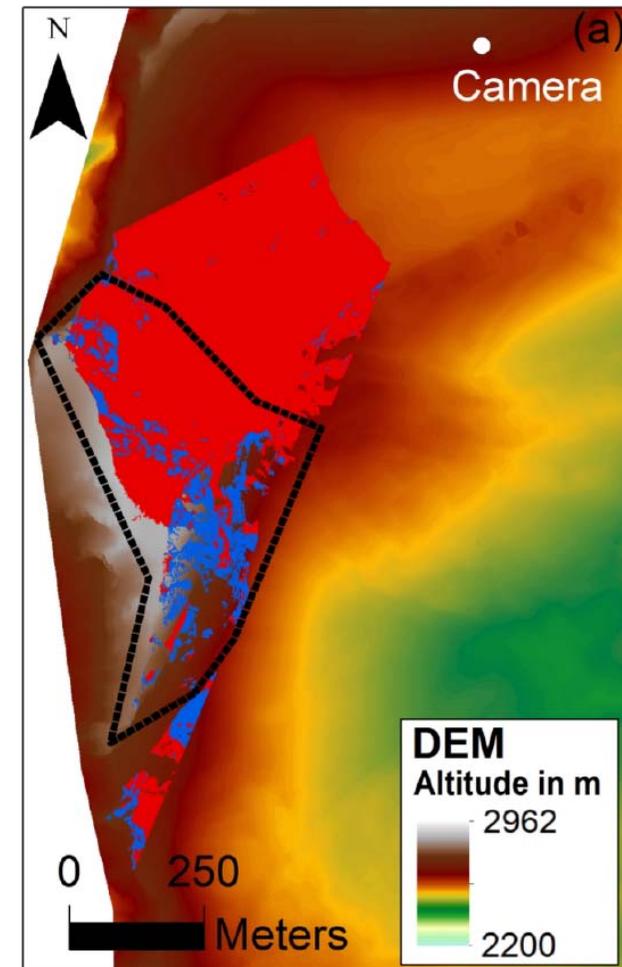
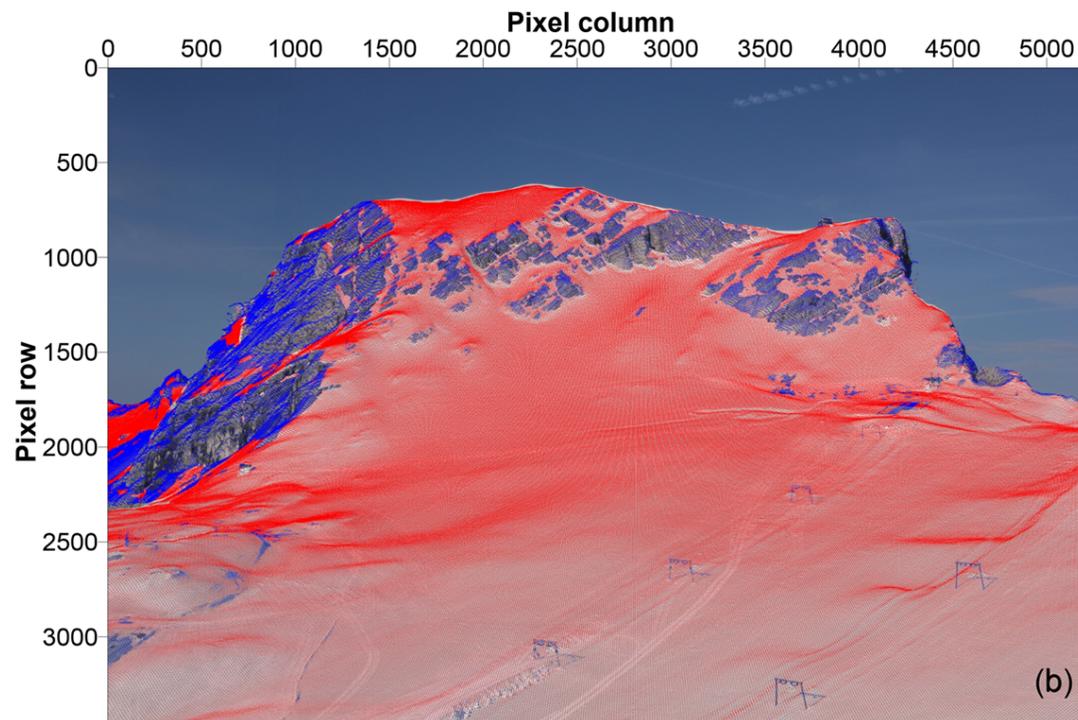
VIS/Laser - Schneedecke



VIS/Laser - Schneedecke



VIS/Laser - Schneedecke



Härer et al., 2013: PRACTISE – Photo Rectification And Classification SoftwarE (V.1.0), Geosci. Model Dev.

ÖWAV – Band 11/12, 2015



Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten: Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung auf lokaler Ebene

Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

Schneedaten aus der Fernerkundung in der hydrologischen Modellierung – Anwendungsbeispiele in Österreich

Jürgen Komma · Juraj Parajka · Christian Reszler · Hermann Stadler · Günter Blöschl

Integration von Orthofotos in die Abschätzung des Hochwasserschadenspotenzials

Claire Brenner · Benjamin Apperl · Karsten Schulz

Orthofotos – HW-Risikomanagement

Gefährdung:

- Überflutungsflächen
- Überflutungstiefen



Vulnerabilität:

- Flächenwidmungsplan
- Digitale Katastralmappe
- gem. Hauptwohnsitze
- **Orthofotos**
- Land Information System Austria (in Zukunft verfügbar)

- Schadensfunktionen

Exposition

Anfälligkeit

Hochwasserrisiko - Management



Welche Vorteile liefern Orthofotos?

- flächendeckende Verfügbarkeit für OÖ
- regelmäßiges Aufnahmeintervall (3 Jahre)
- Darstellung der Nutzung zu einem bekannten Zeitpunkt

Bei Vorhandensein von Orthofotos zu mehreren Zeitpunkten erlauben diese daher **die Analyse der Entwicklung.**

Hochwasserrisiko - Management

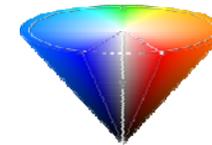


Glätten des Bildes

Homogenisieren von Farbbereichen

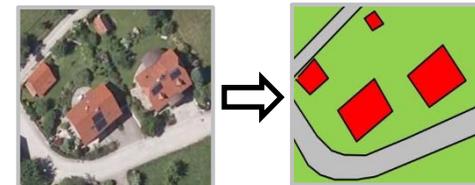
Entfernen grüner Farbtöne

im HSV Farbraum

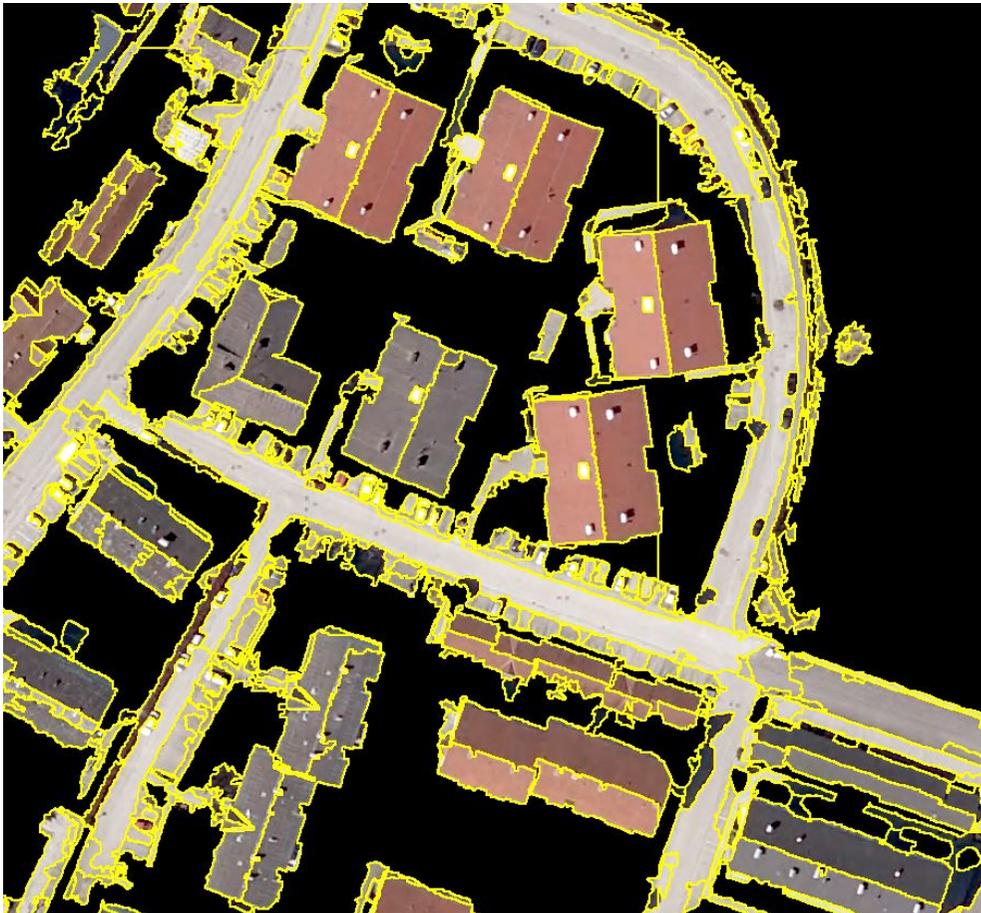


Bildsegmentierung

Einteilung des Bildes in Bereiche ähnlicher (Farb-)Eigenschaften



Hochwasserrisiko - Management



Bildsegmentierung:

- **Orfeo Toolbox (OTB):**
open-source Bildverarbeitungssoftware; zur Verfügung gestellt von der franz. Raumfahrtorganisation CNES

→ **Mean-Shift-Segmentation Algorithmus**

Hochwasserrisiko - Management

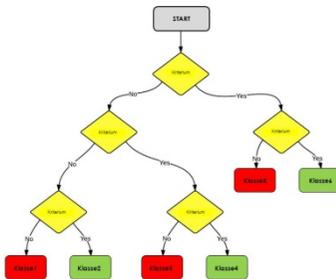


Glätten des Bildes

Homogenisieren von Farbbereichen

Klassifizierung

Klassifizieren der Bildsegmente nach Farbe & Form

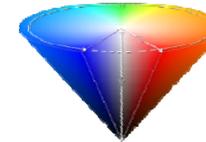


Zonale Statistik

Ermitteln von Farb- & Formparametern der Bildsegmente

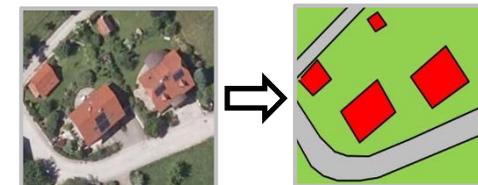
Entfernen grüner Farbtöne

im HSV Farbraum



Bildsegmentierung

Einteilung des Bildes in Bereiche ähnlicher (Farb-)Eigenschaften



Hochwasserrisiko - Management



Ergebnis -

Gebäudekartierung:

Hochwasserrisiko - Management



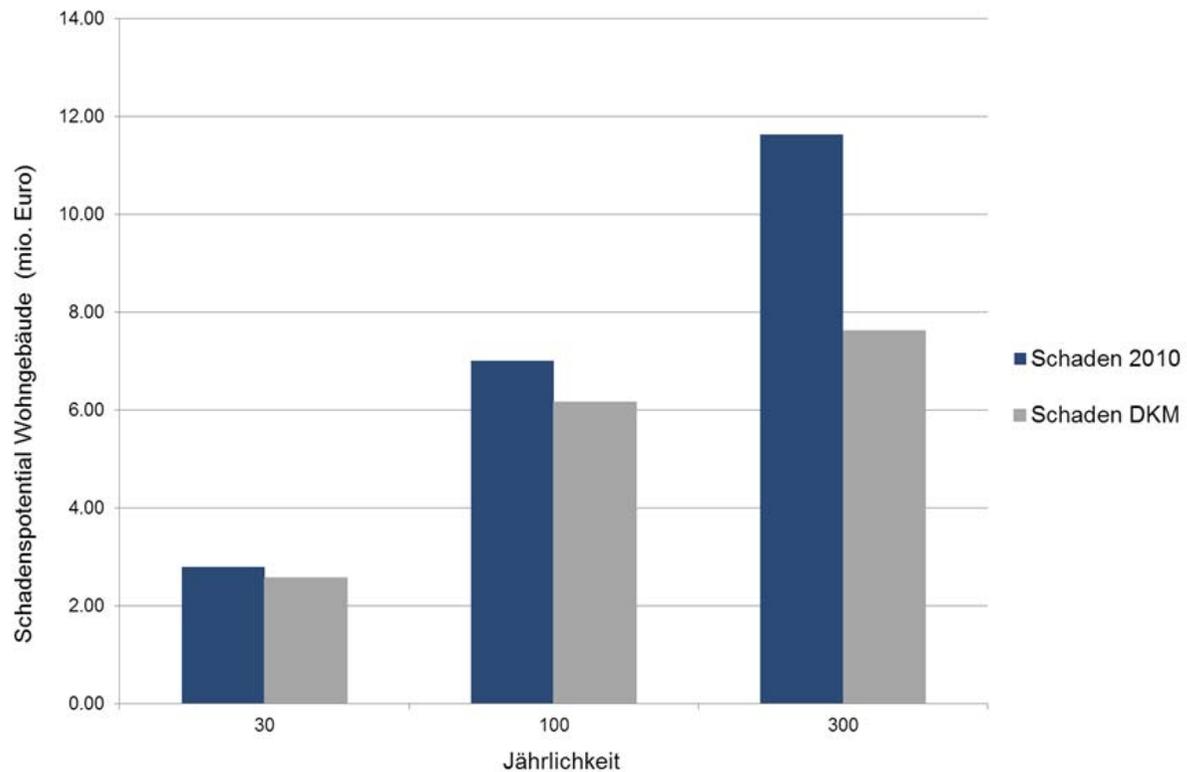
Ergebnis -

Gebäudekartierung:

-  Orthofoto Auswertung
-  Digitale Katastralmappe

Hochwasserrisiko - Management

Schadenspotential - Kremsmünster:

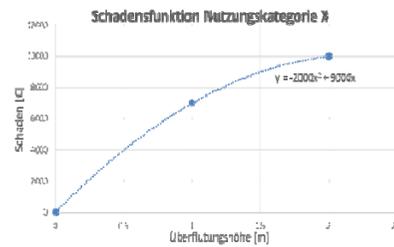


Hochwasserrisiko - Management

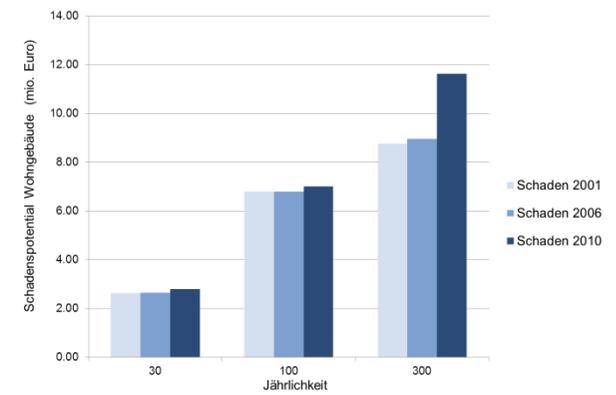
Schadenspotential - Entwicklung:



X



||



ÖWAV – Band 11/12, 2015



Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten: Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung auf lokaler Ebene

Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

Schneedaten aus der Fernerkundung in der hydrologischen Modellierung – Anwendungsbeispiele in Österreich

Jürgen Komma · Juraj Parajka · Christian Reszler · Hermann Stadler · Günter Blöschl

Integration von Orthofotos in die Abschätzung des Hochwasserschadenspotenzials

Claire Brenner · Benjamin Apperl · Karsten Schulz

Gewässervermessung aus der Luft – Tiefenschärfe am Bodensee und die neuen Möglichkeiten der ökologischen Bewertung von Gewässern

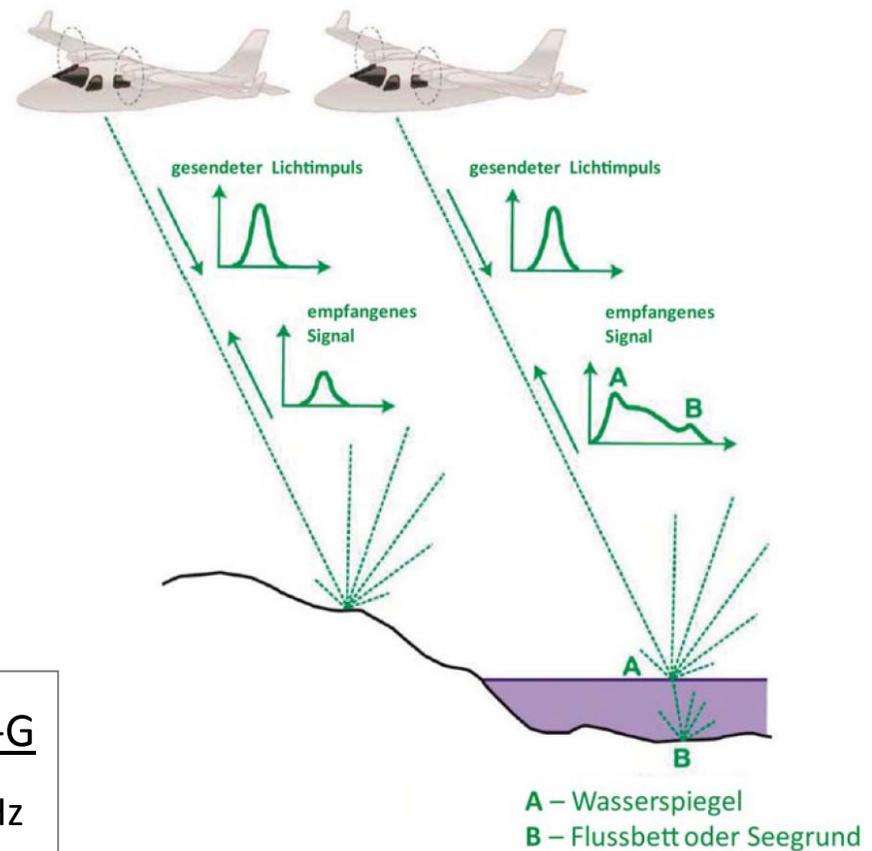
Frank Steinbacher · Tatjana Bodmer · Ramona Baran

LIDAR – Topo-bathymetrie



Riegl VQ880-G

- bis zu 550kHz
- NIR (1064nm)



LIDAR – Topo-bathymetrie



Abb. 7 Topo-bathymetrische Daten der Flachwasserzone bei Rohrspitz westlich der Rheinmündung prozessiert und visualisiert in HydroVISH. Die komplexe Morphologie des Seebodens wird gut sichtbar und ist hier charakterisiert durch langgezogene, uferparallele Megarippel

ÖWAV – Band 11/12, 2015



**Bodenfeuchtemessung durch Radarsatelliten:
Aktuelle Entwicklungen zur Erfassung
auf lokaler Ebene**

Bernhard Bauer-Marschallinger · Vahid Naeimi · Wolfgang Wagner

**Schneedaten aus der Fernerkundung in der
hydrologischen Modellierung – Anwendungsbeispiele
in Österreich**

Jürgen Komma · Juraj Parajka · Christian Reszler · Hermann Stadler · Günter Blöschl

**Integration von Orthofotos in die Abschätzung des
Hochwasserschadenspotenzials**

Claire Brenner · Benjamin Apperl · Karsten Schulz

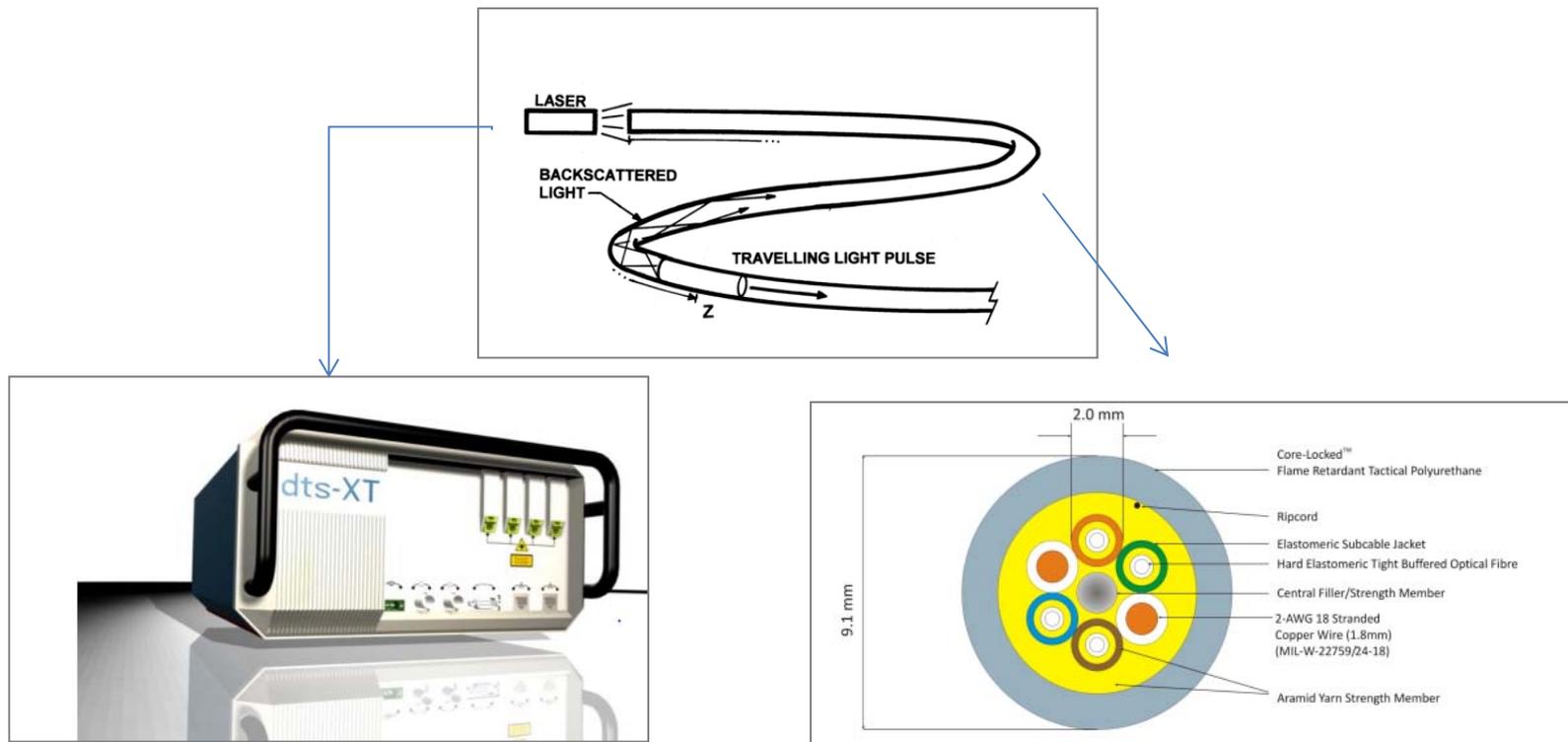
**Gewässervermessung aus der Luft – Tiefenschärfe
am Bodensee und die neuen Möglichkeiten der
ökologischen Bewertung von Gewässern**

Frank Steinbacher · Tatjana Bodmer · Ramona Baran

**Distributed temperature sensing (DTS) als
Messverfahren in Landoberflächenhydrologie und
Siedlungswasserwirtschaft**

Benjamin Apperl · Matthias Bernhardt · Karsten Schulz

Distributed Temperature Sensing (DTS)



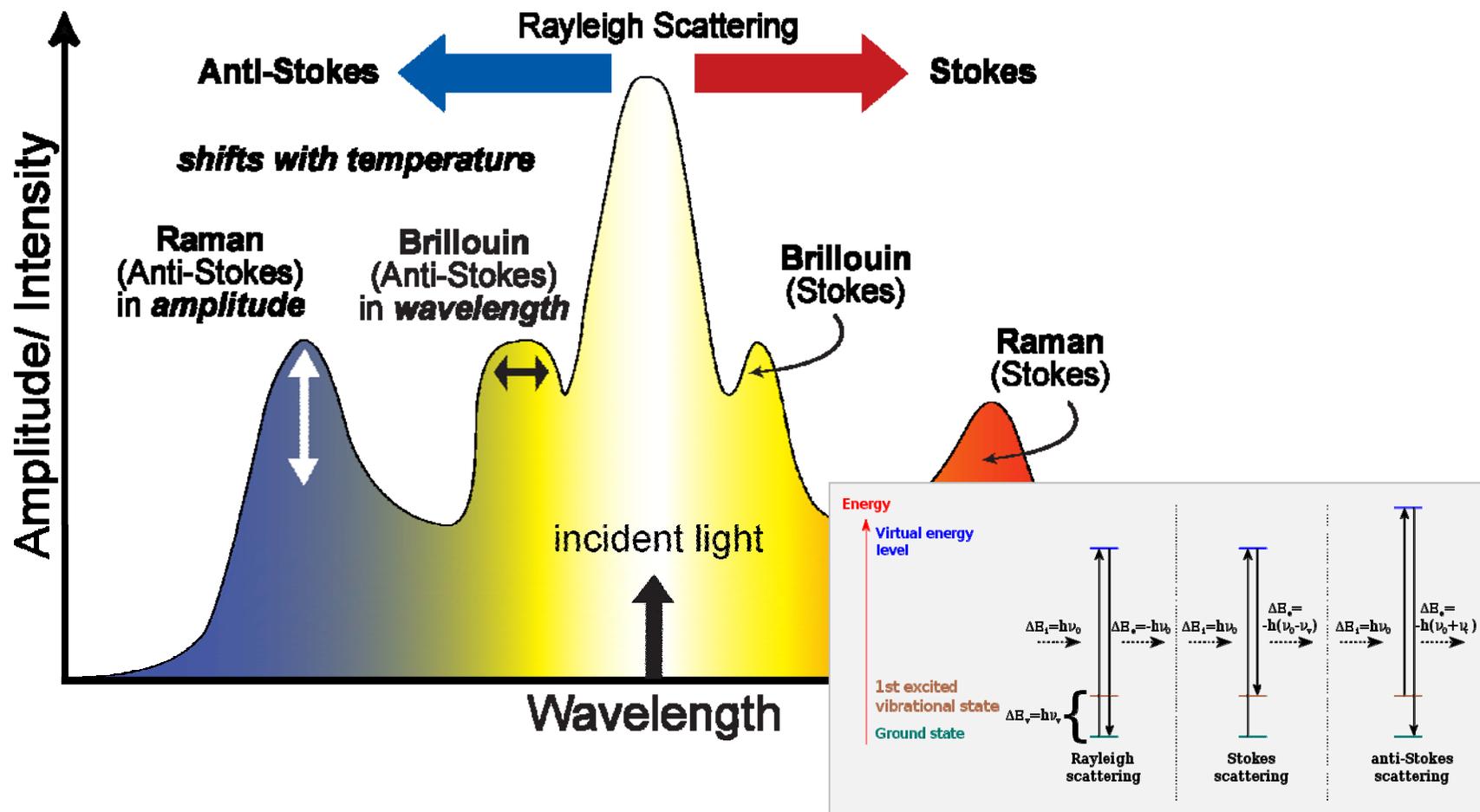
Instrumenten-Box

- Aussenden eines Laser-Impulse (NIR)
- Detektion des rückgestreuten Lichtimpulses

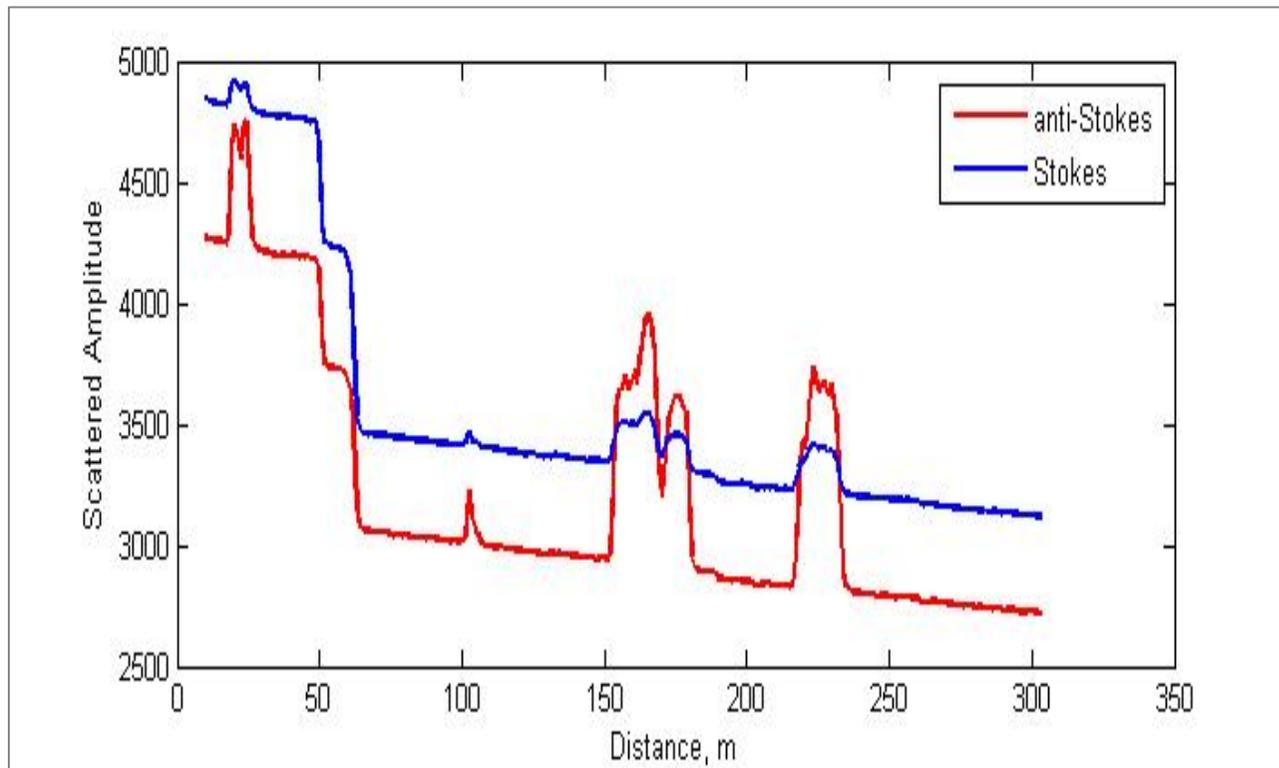
Glasfaserkabel

- Lichtleitend
- Streuung des Lichtimpulses (elastic, non-elastic)

Distributed Temperature Sensing (DTS)



„Distributed Temperature Sensing (DTS)“



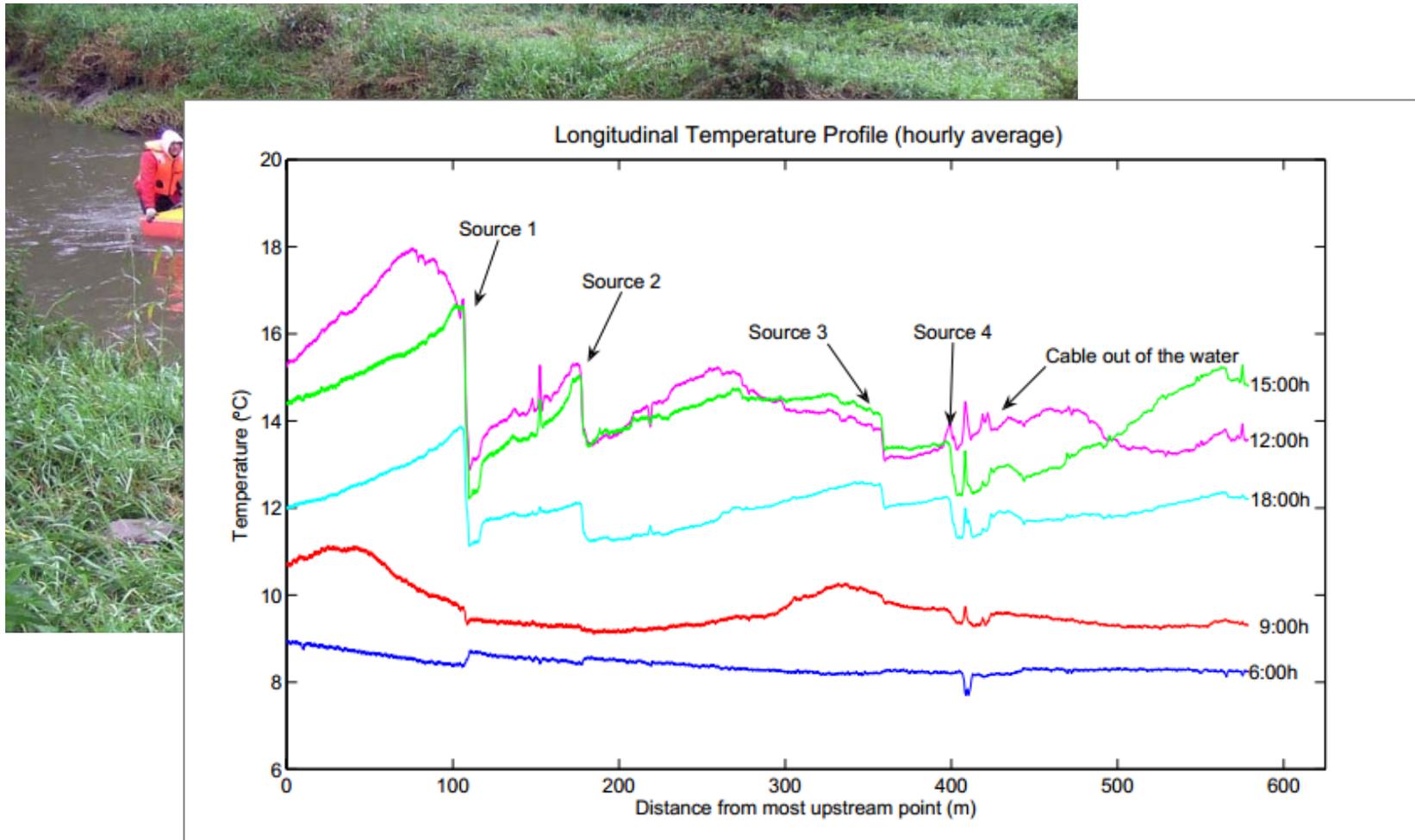
- Beide Signale schwächen sich über die Entfernung ab(Beers Law)
- Anti-Stokes steigt signifikant in warmen Bereichen der Glasfaser.
- Positionsbestimmung über Laufzeit des Impulses:

$$X = \frac{1}{2} \cdot c_f \cdot t$$

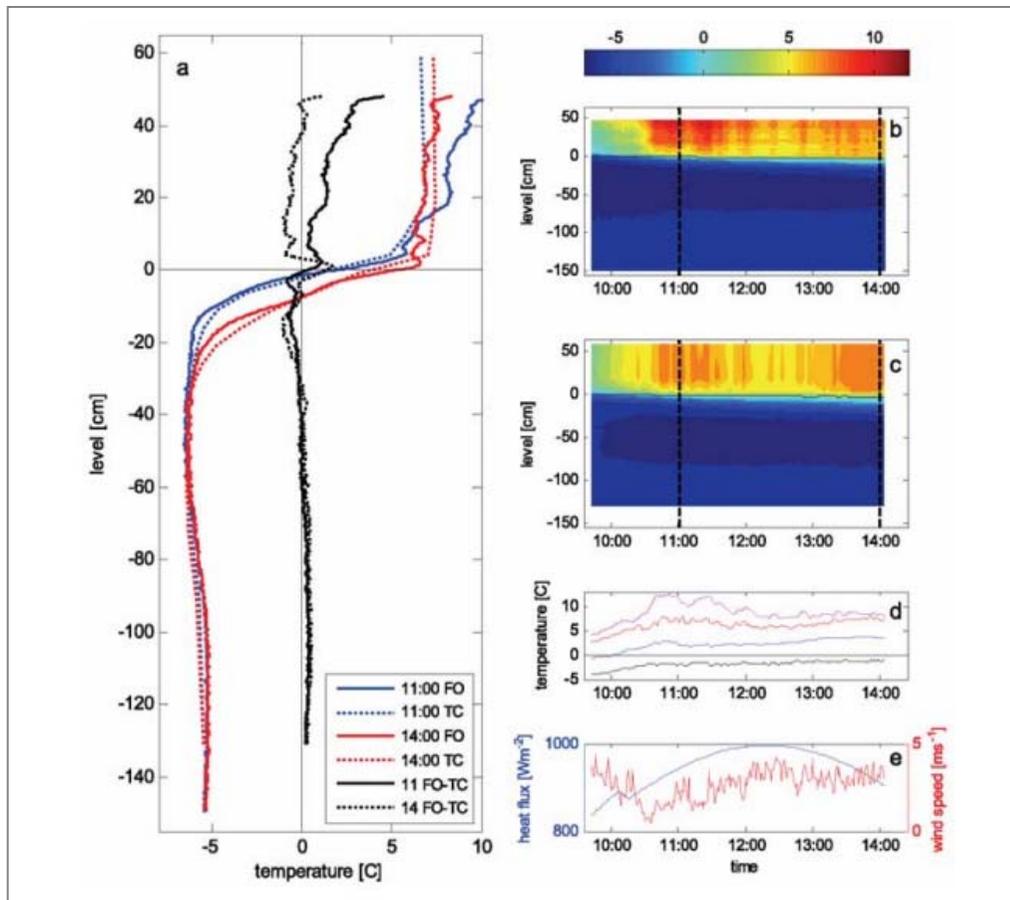
DTS - Anwendungen

- T-Fluktuationen in Fließgewässern → GW-Oberflächenwasser-Interaktionen
- Vertikale T-Profile → Energieflüsse in der Atmosphäre
- Bodenwassergehalt
- Windgeschwindigkeit
- ...
- "Leckagen" in Trinkwasser-/Abwasser-Rohrleitungssystemen

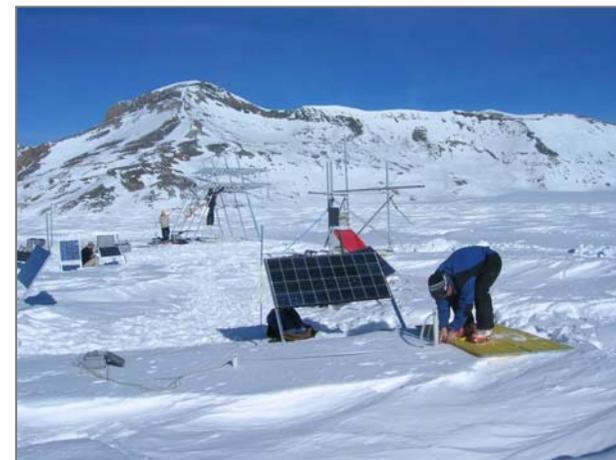
DTS – T-Fluktuationen in Fließgewässern



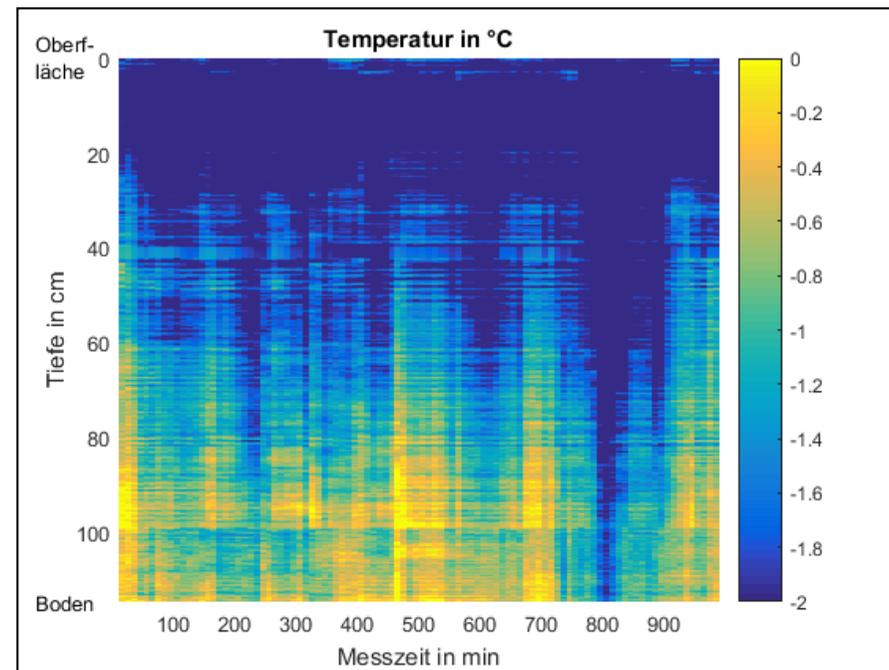
DTS – Vertikale Temperaturprofile (Luft-Schnee)



Energietransport
(Schnee - Atmosphäre)



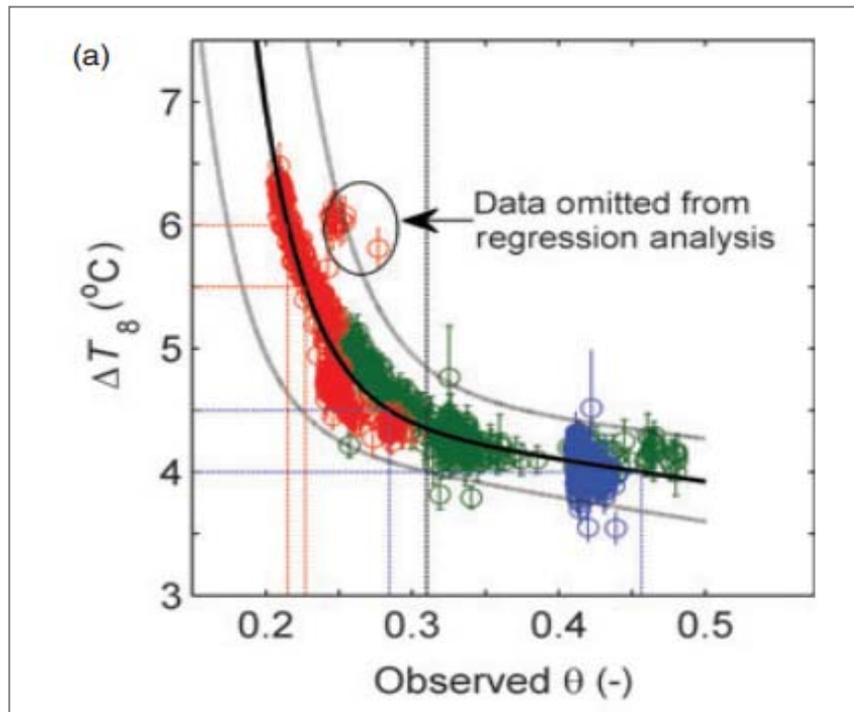
DTS – Schneetemperatur (Frieren-Auftauen)



DTS – Bodenfeuchte

Bodenfeuchte

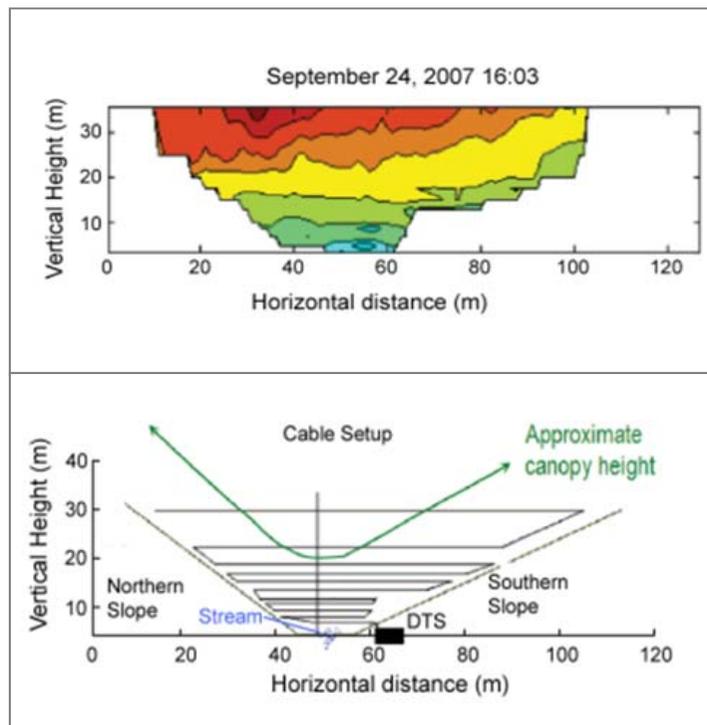
- Wärmepuls über ein beheizbares Glasfaserkabel
- Thermische Leitfähigkeit/Wärmekapazität hängt von Wassergehalt ab



- Gute Schätzungen für trockenen Boden
- Größere Unsicherheiten für feuchte Böden

DTS – Lufttemperatur & Windgeschwindigkeit

- Abschätzung von Temperatur und Windgeschwindigkeit (-profilen)



DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

Ziel:

Detektion von undichten Stellen in Seedruckleitungen (Abwasser, Trinkwasser)

Motivation:

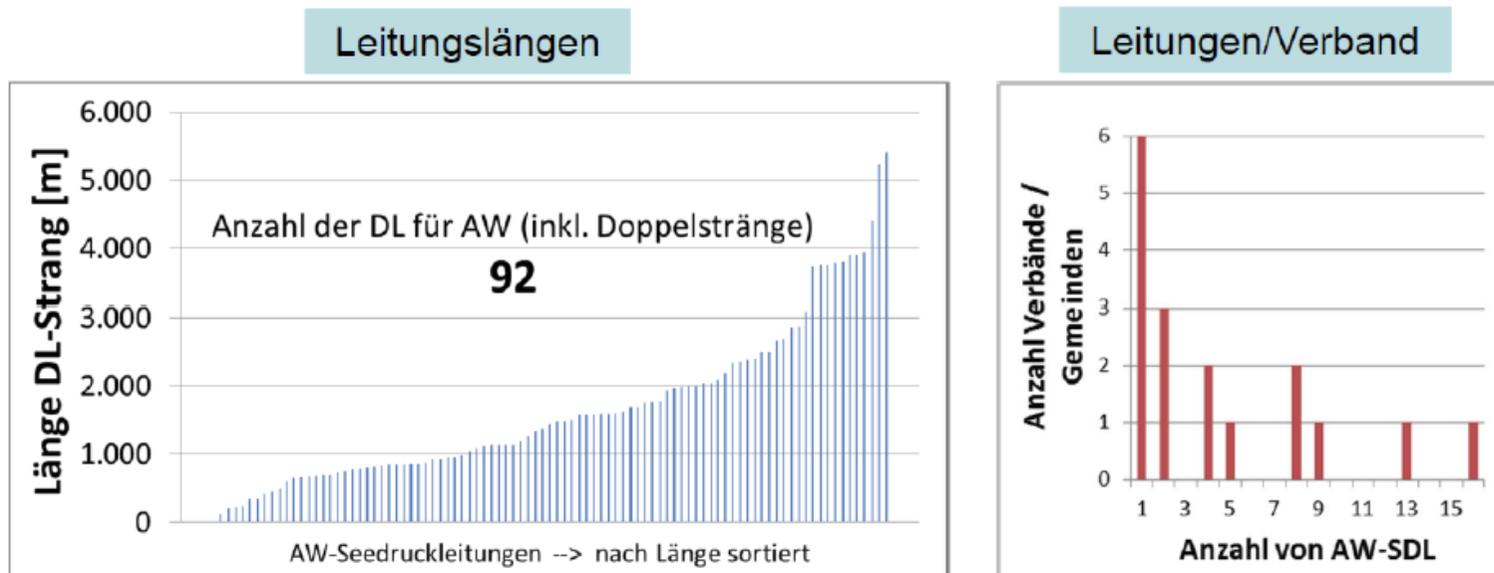
Risikobewertung und Ermittlung des Handlungsbedarfs bei Seedruckleitungen

Methodik:

Erfassung von Temperaturgradienten mittels DTS Technik

DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

Stand Ende November 2014

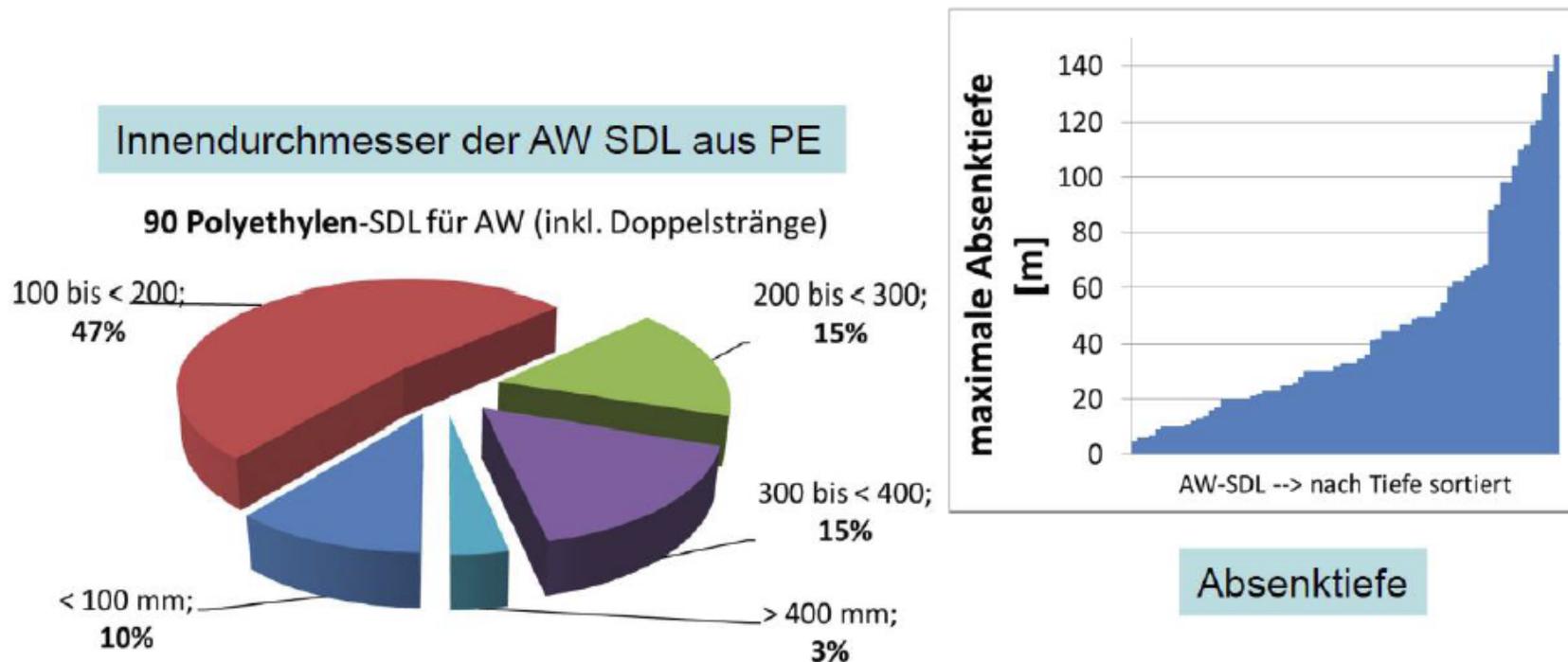


- ✓ Gesamtlänge der Druckleitungen: AW 154 km, TW 5 km
- ✓ Nur eine Gussleitung in doppelter Ausführung, sonst PE
- ✓ 13 von 92 AW-SDL (14%) sind parallel geführte DL (10 Ktn, 2 Ooe, 1 Sbg)

Land Kärnten

DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

Stand Ende November 2014



✓ 18% der Leitungen hatten bereits Probleme / Schäden

Land Kärnten

DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

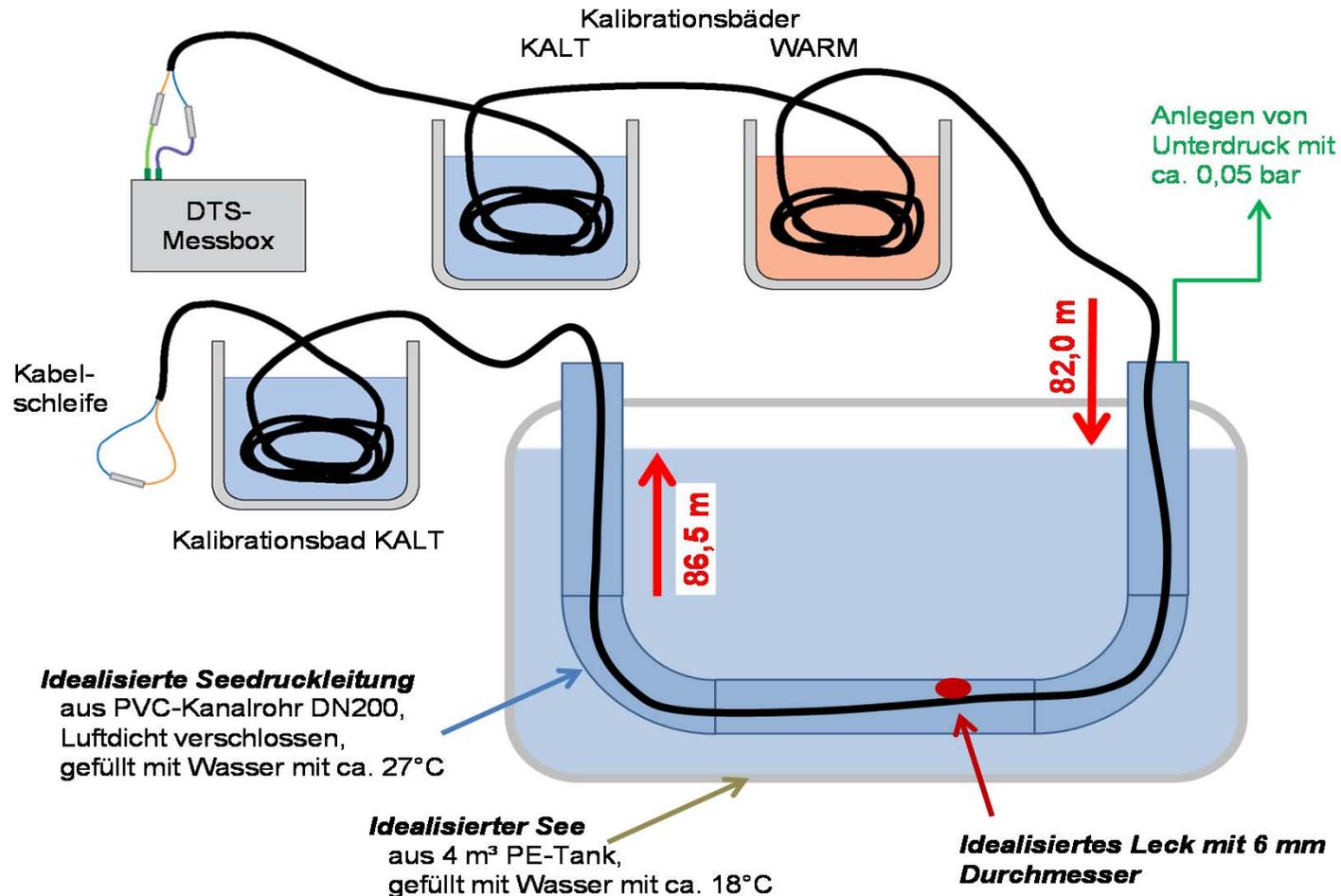
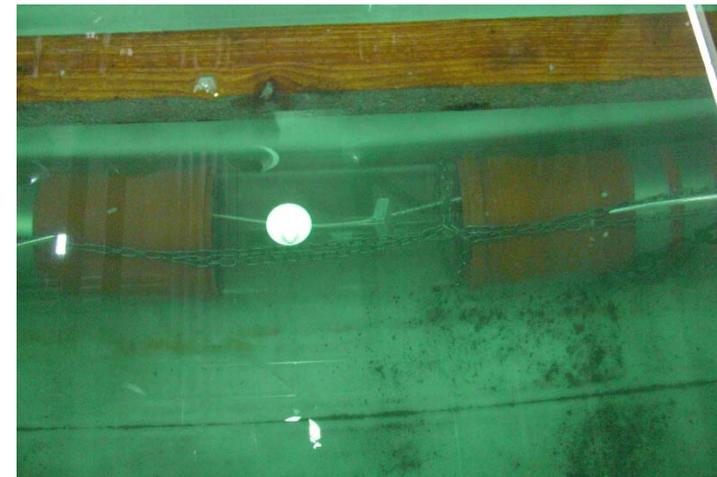


Abbildung 1: Optimaler DTS-Messaufbau für die Leckage-Ortung in Seedruckleitungen. Hier als Beispiel eine Anwendung im Technikum des SIG (Zeichnung: IWHW, 2015.; modifiziert).

DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen



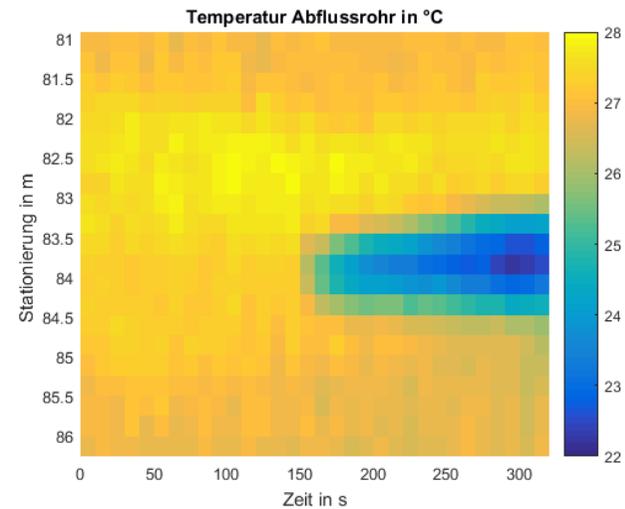
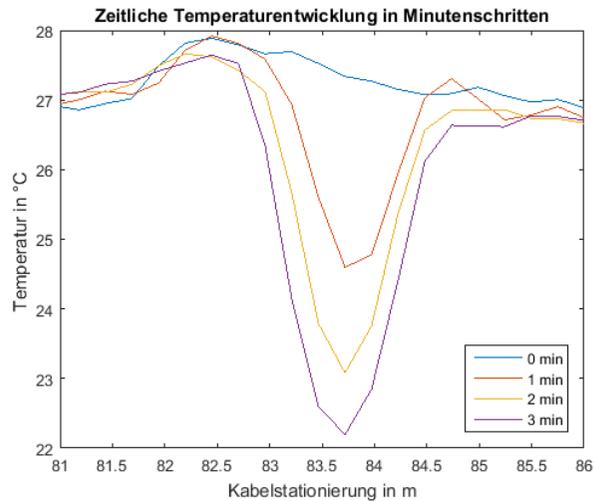
DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen



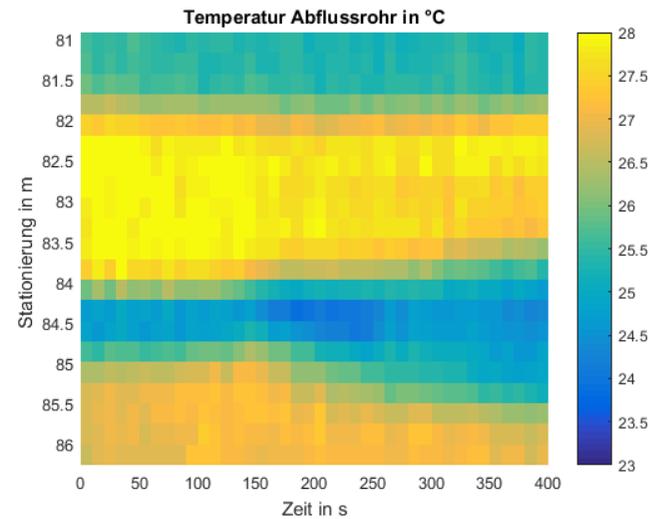
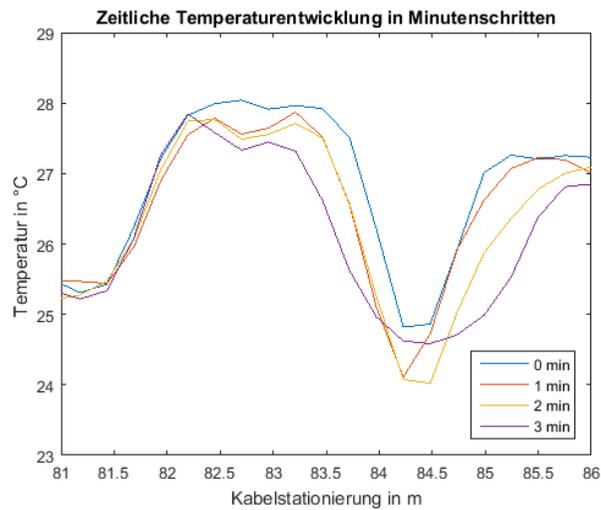
Abbildung: Erfassung des Wandinflusses des Rohres durch verschiedene Kabelpositionierung im Rohr

DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

Idealisiert



variabel



DTS - Leckageortung in Seedruckleitungen

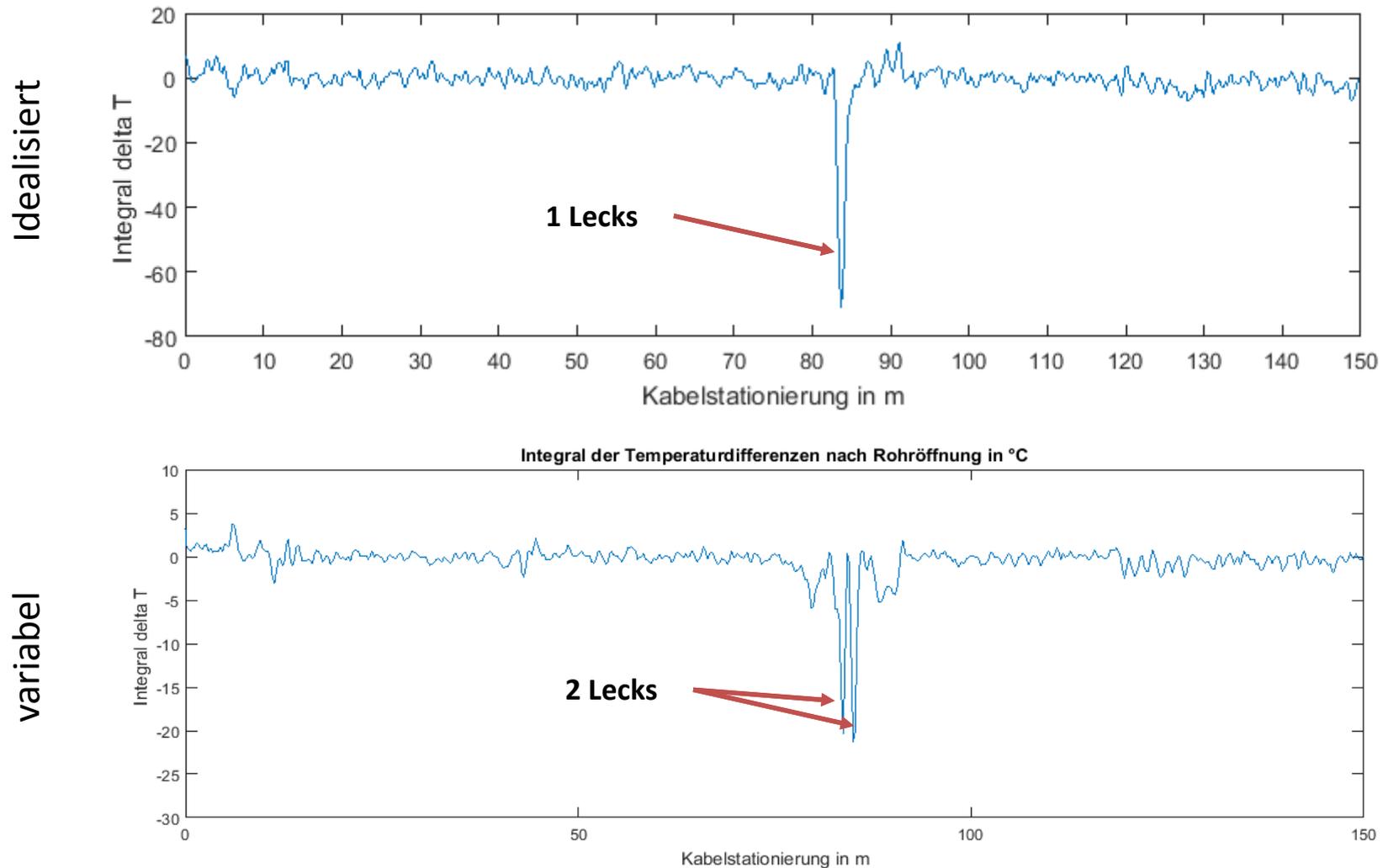
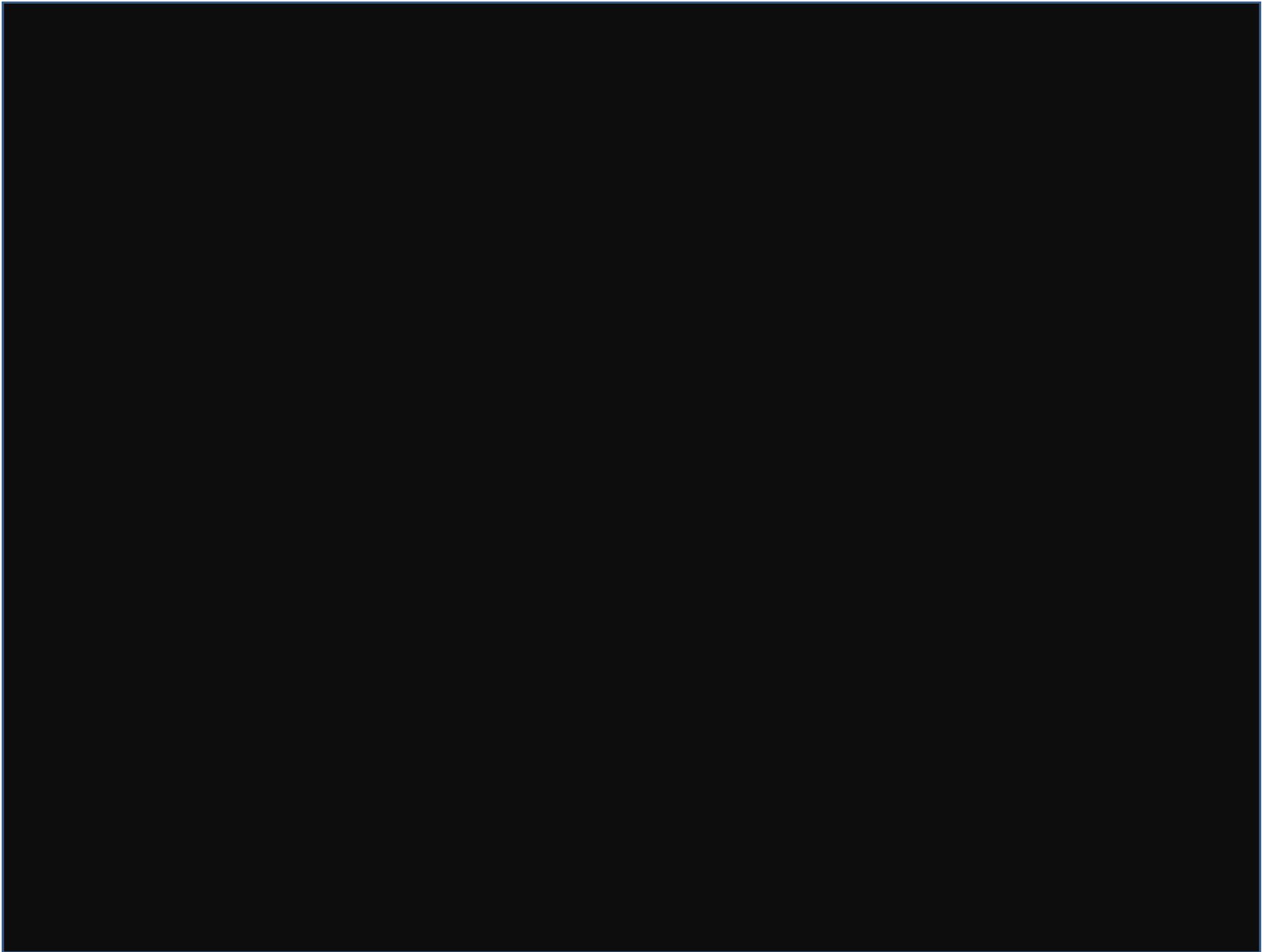


Abbildung: Detektion der Leckage: Integral der Temperaturdifferenzen [$^{\circ}$ C] nach Öffnen des idealisierten Lecks mit 6 mm Durchmesser (Quelle: IWHW, 2015).

Schlussfolgerungen

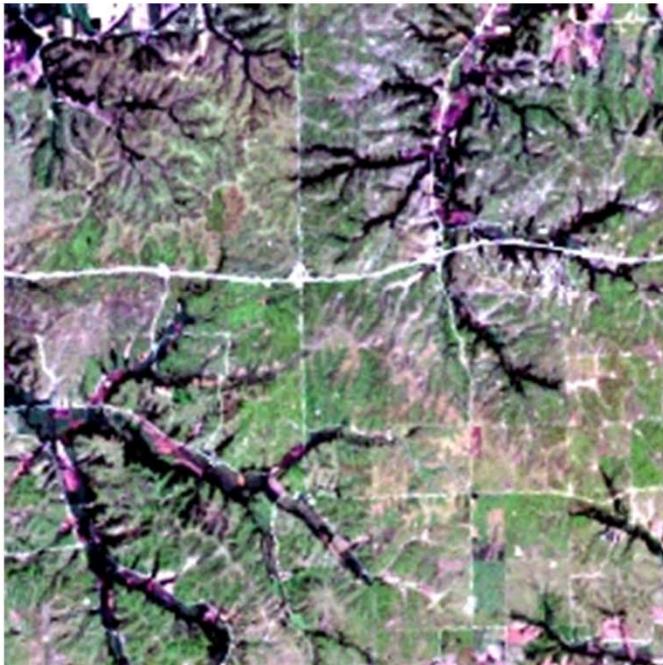
- Fernerkundung bietet umfangreiche Möglichkeiten zur **flächenhaften** Erfassung hydrologisch relevanter Parameter
- Jedoch – erfasst werden nur spektrale Eigenschaften
- Umsetzen in hydrologische Größen → Fehler/Unsicherheiten
- „Groundtruth“-Daten dringend erforderlich



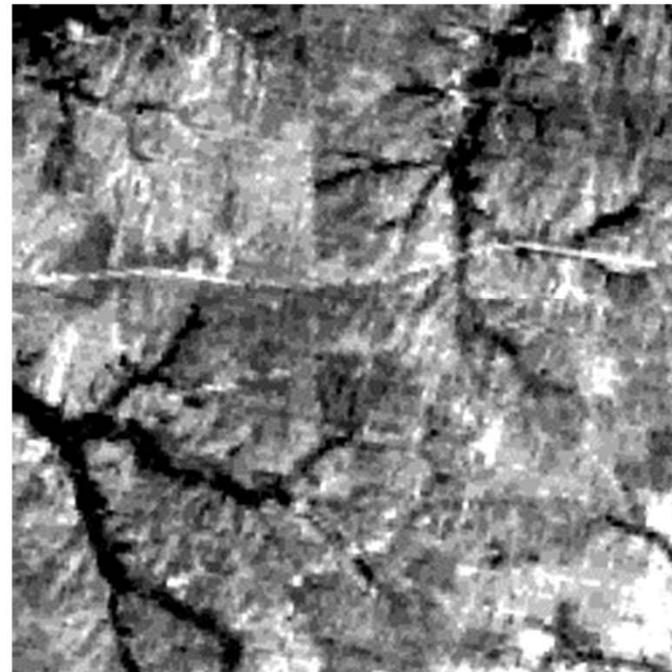
VIS/TIR - Evapotranspiration

Surface Temperature → Evapotranspiration:

Band 1, 2, 3 (visible)

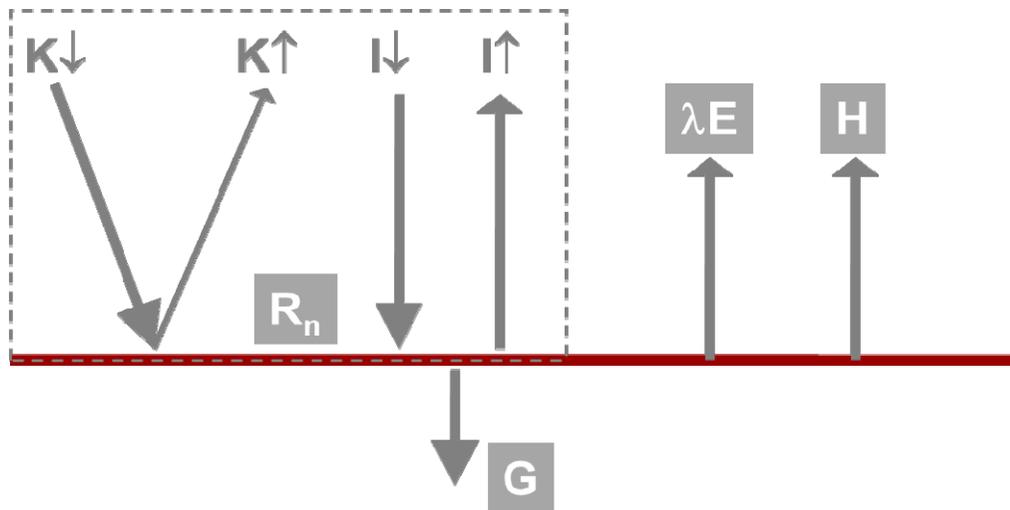


Band 6 (10.4-12.6 μm , infrared)



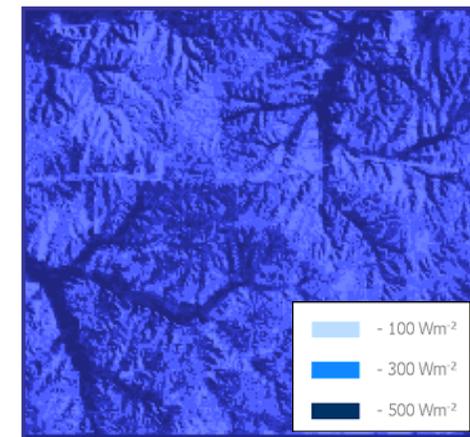
VIS/TIR - Evapotranspiration

Oberflächentemperatur $T_s \rightarrow$ Evapotranspiration:



$$H = \rho \cdot C_p \cdot \frac{T_s - T_a}{r_a}$$

$$\lambda E = R_n - H - G$$



VIS/TIR - Evapotranspiration

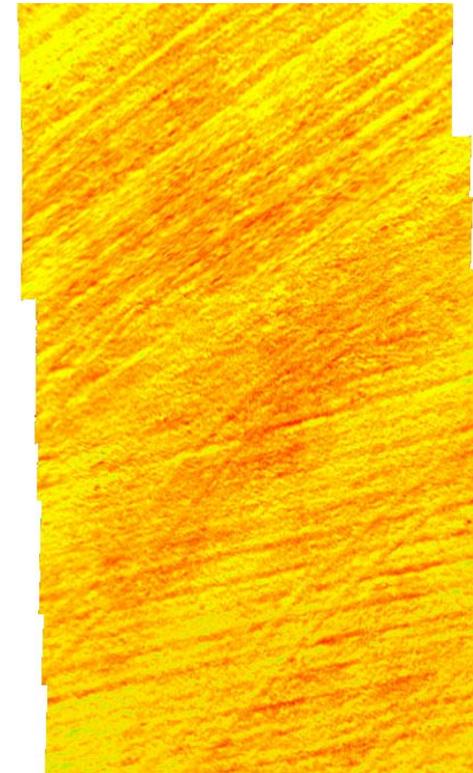
Multi-temporale Dronen-basierte
 T_s - Beobachtung:



Fendt, 16.09.2015 12:00

Surface
temperature

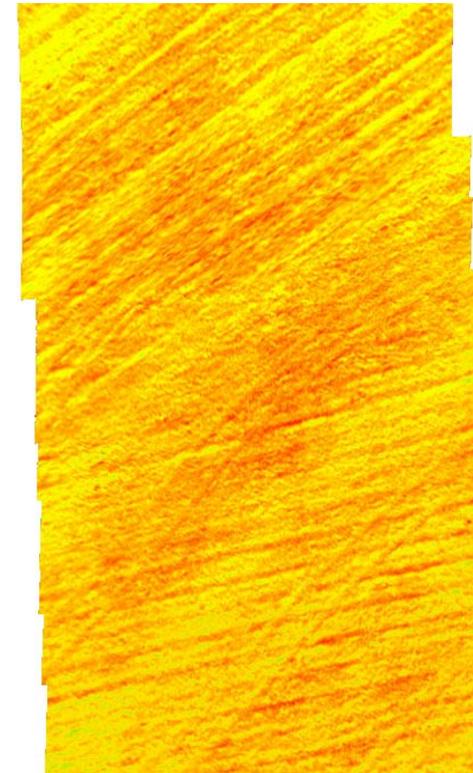
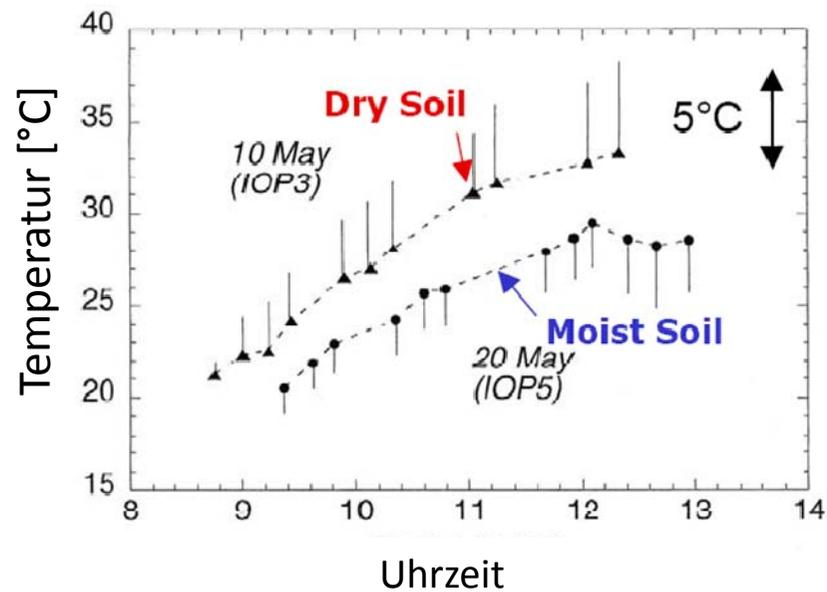
A vertical color scale legend for surface temperature. It ranges from 14 °C at the bottom (blue) to 37 °C at the top (red), with intermediate colors of green, yellow, and orange.



Mean: 30.6 °C
Standard deviation: 1.4 °C
Range: 11.8 °C

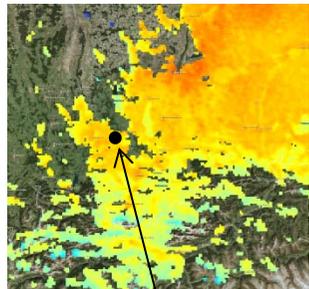
VIS/TIR - Evapotranspiration

Fendt, 16.09.2015 12:00



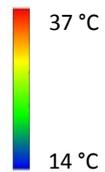
Mean: 30.6 °C
Standard deviation: 1.4 °C
Range: 11.8 °C

VIS/TIR - Evapotranspiration

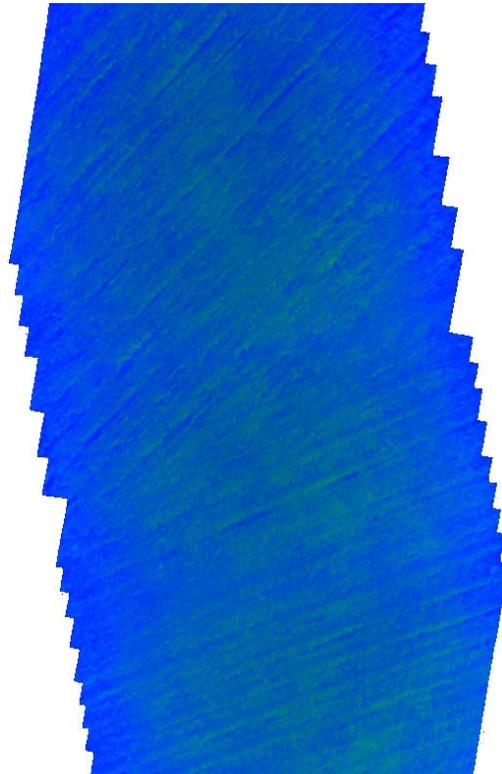


MODIS (1km, ~ 11:00):
25 °C

Surface
temperature

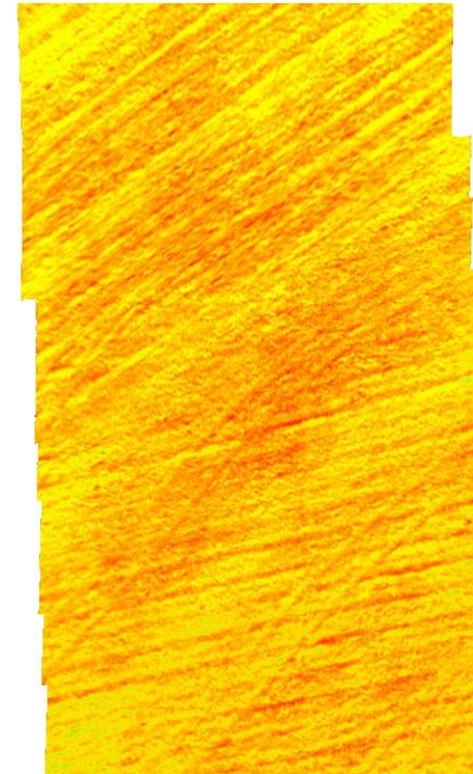


Fendt , 16.09.2015 09:00



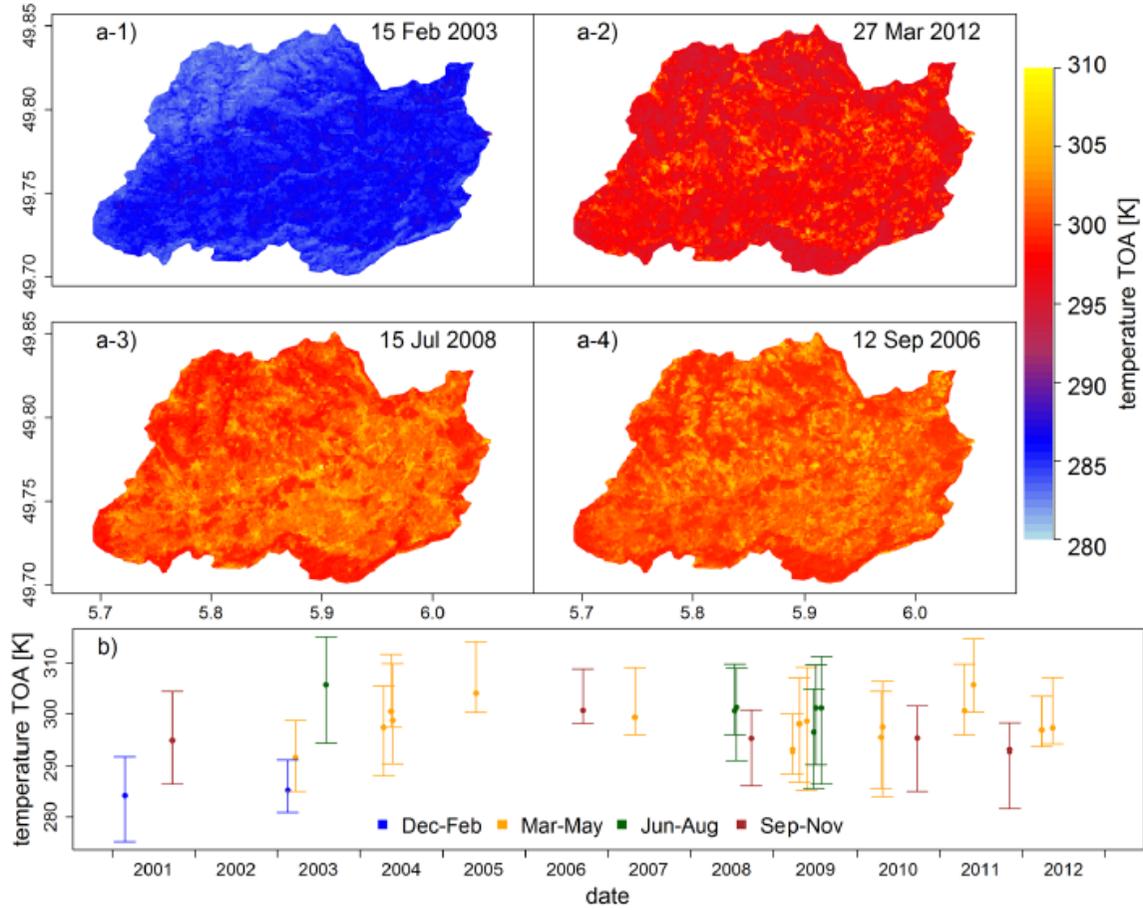
Mean: 16.4 °C
Standard deviation: 0.5 °C
Range: 4.3 °C

Fendt, 16.09.2015 12:00



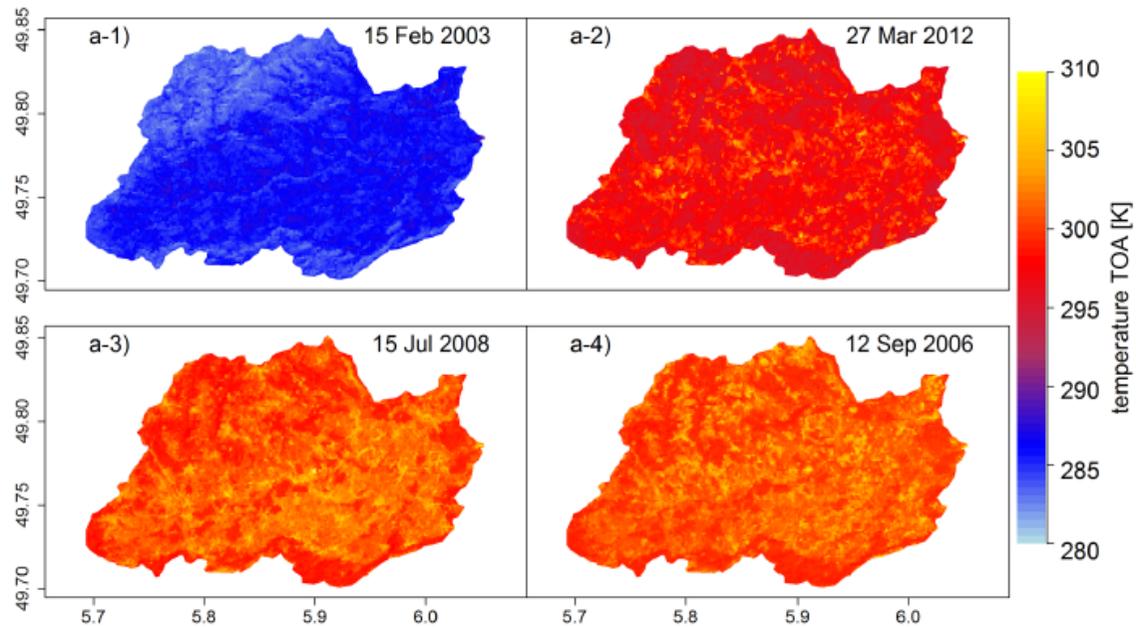
Mean: 30.6 °C
Standard deviation: 1.4 °C
Range: 11.8 °C

TIR – Vegetation, Bodentextur



28 schnee-freie
ASTER - Bilder

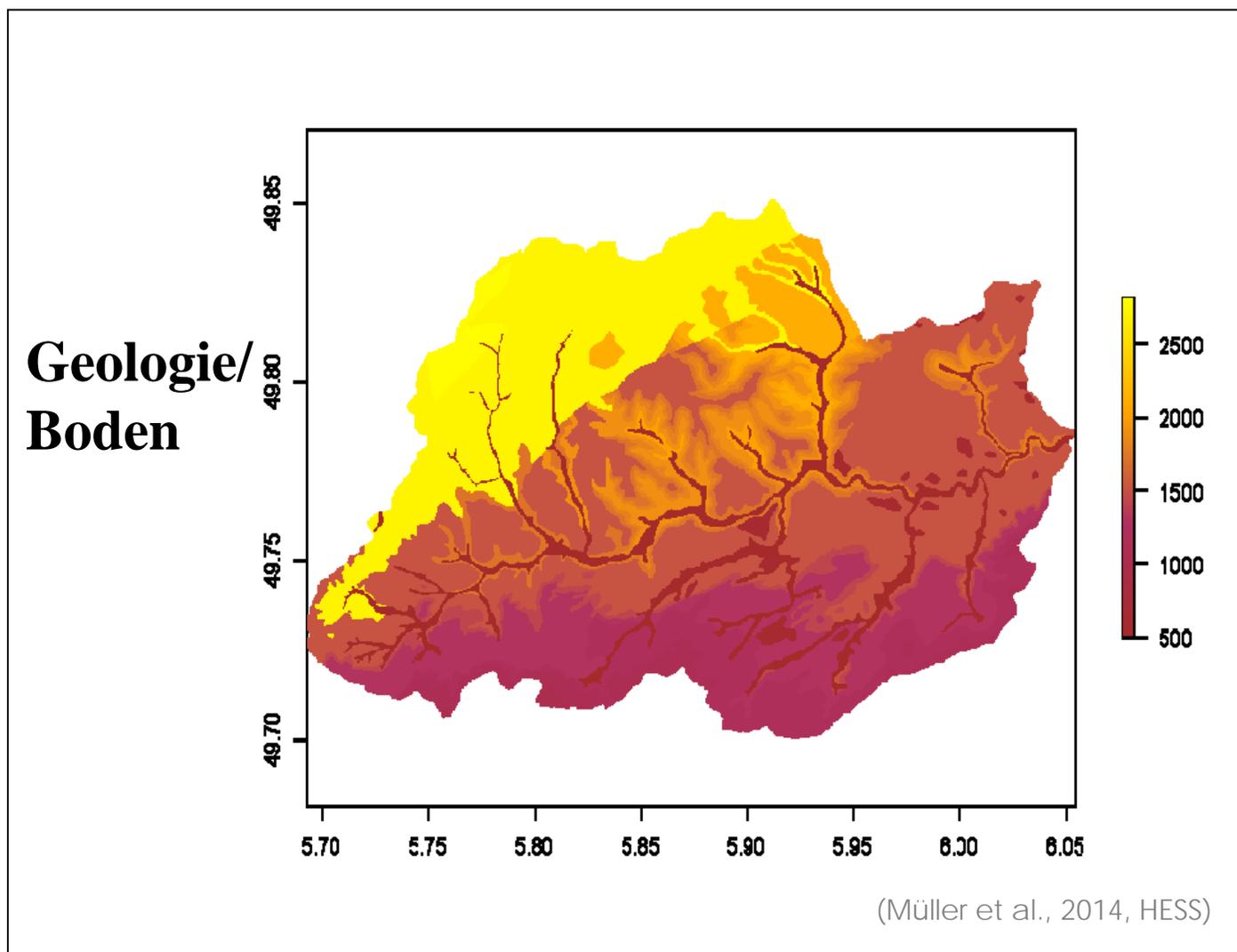
TIR – Vegetation, Bodentextur



Dominante Muster ??

→ Hauptkomponentenanalyse

TIR – Vegetation, Bodentextur



Bedeutung von Mustern



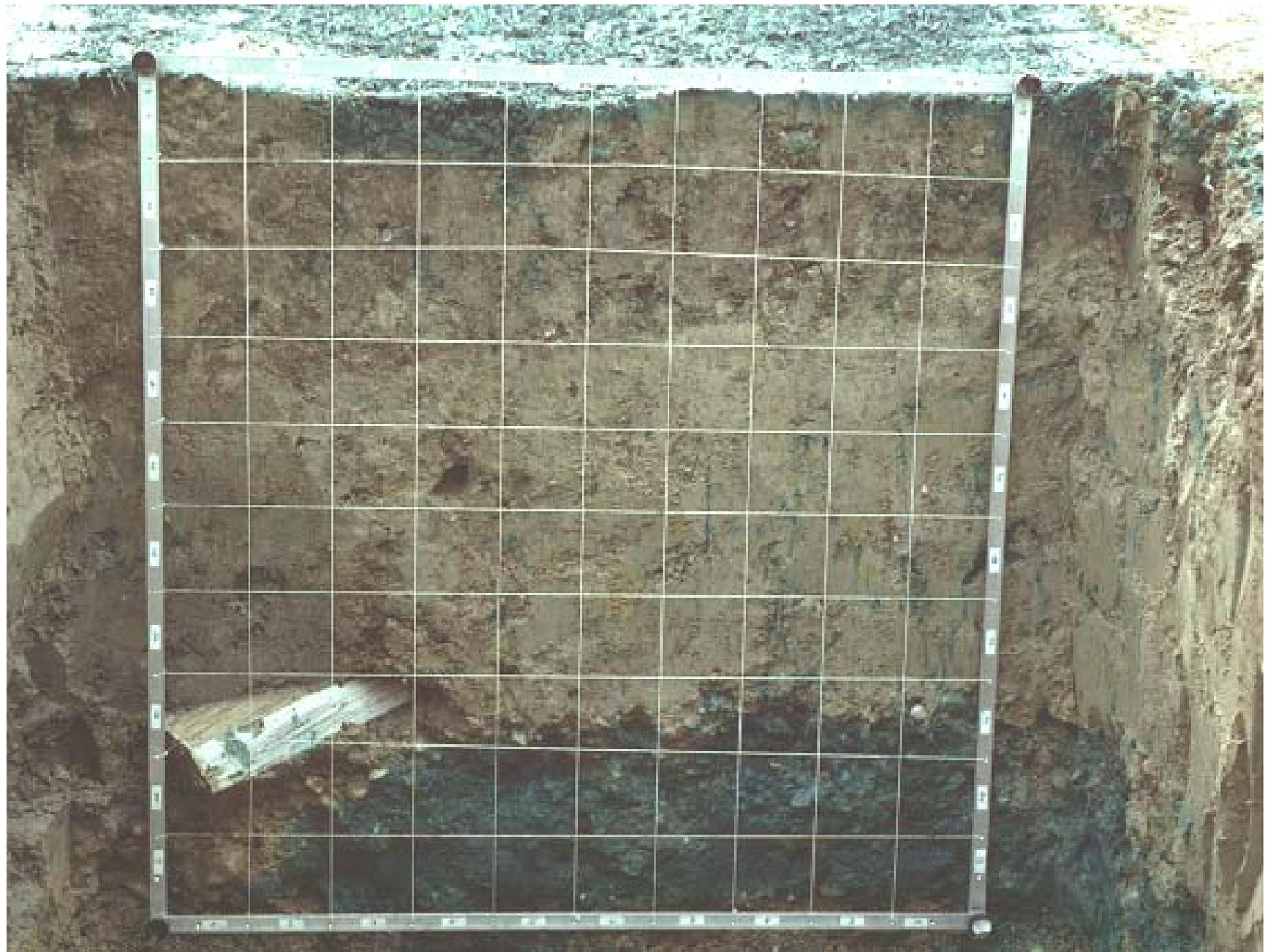
Tracer Infiltrations-Experiments

Flury (1992), Stamm (1995)









VIS/Laser - Schneedecke

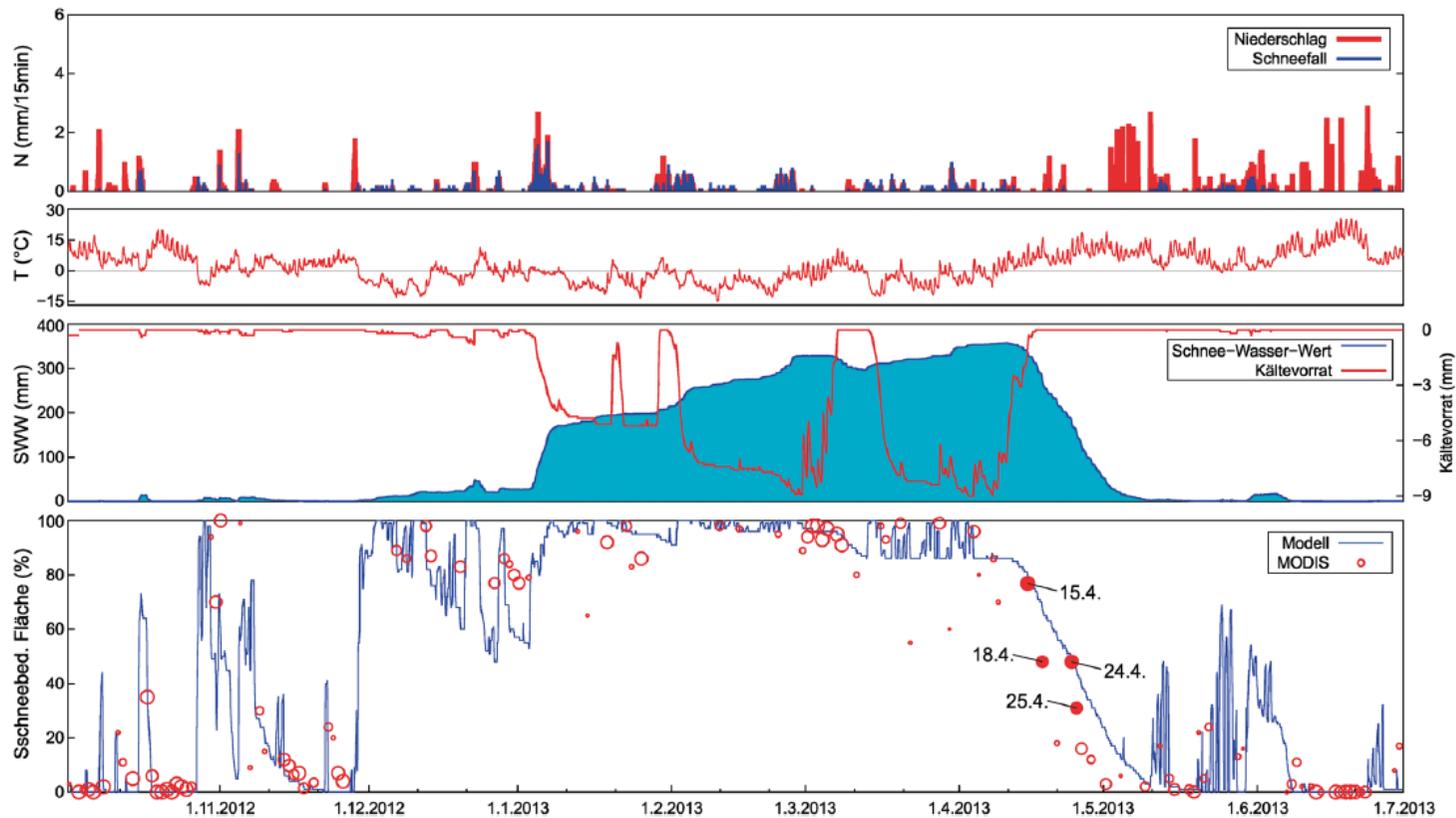


Abb. 6 Simulationsergebnisse der flächendetaillierten Schneemodellierung für das Hochschwabgebiet im Zeitraum von Oktober 2012 bis Juli 2013. Bei Niederschlag, Lufttemperatur, Schnee-Wasser-Wert und Kälteinhalt handelt es sich jeweils um Gebietsmittelwerte. Unten ist der Anteil der schneebedeckten Fläche in Prozent der gesamten Gebietsfläche dargestellt. Die Größe der roten Kreise (Terminwerte der MODIS-Schneebedeckungsmuster) nimmt mit zunehmendem Bewölkungsgrad ab

Hochwasserrisiko - Management

Ziele des Projekts:

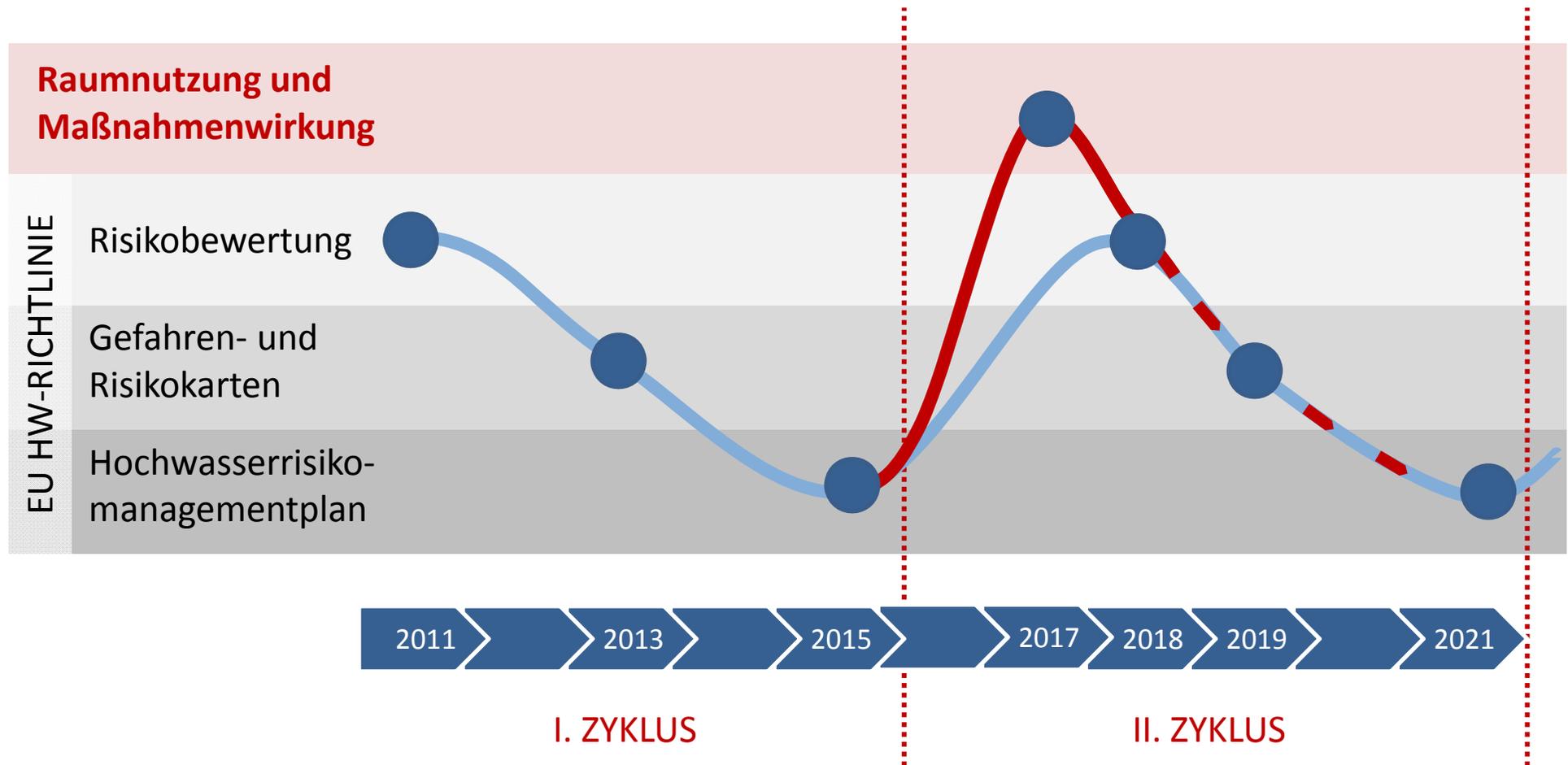
- Entwicklung eines **Instruments** zur Analyse der Ww. Entwicklung in Überflutungsgebieten mittels **vorhandener digitaler Daten**
- Darstellung der **momentanen Gefährdung** sowie **zukünftigen Entwicklung** des Schadenspotentials
- Ermöglichung einer systematischen und **regelmäßigen** Analyse

→ EU Hochwasserrichtlinie gibt Zyklus vor



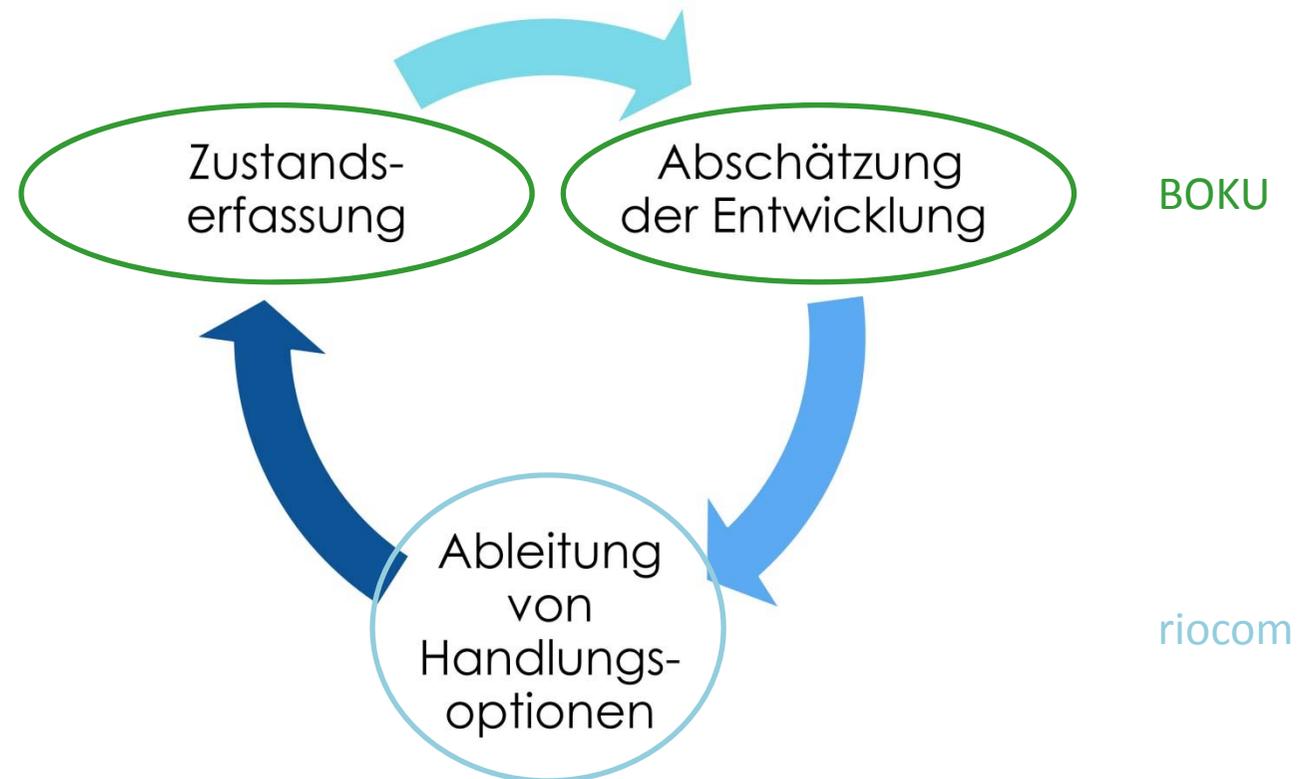
6 Jahres-Zyklus

Hochwasserrisiko - Management

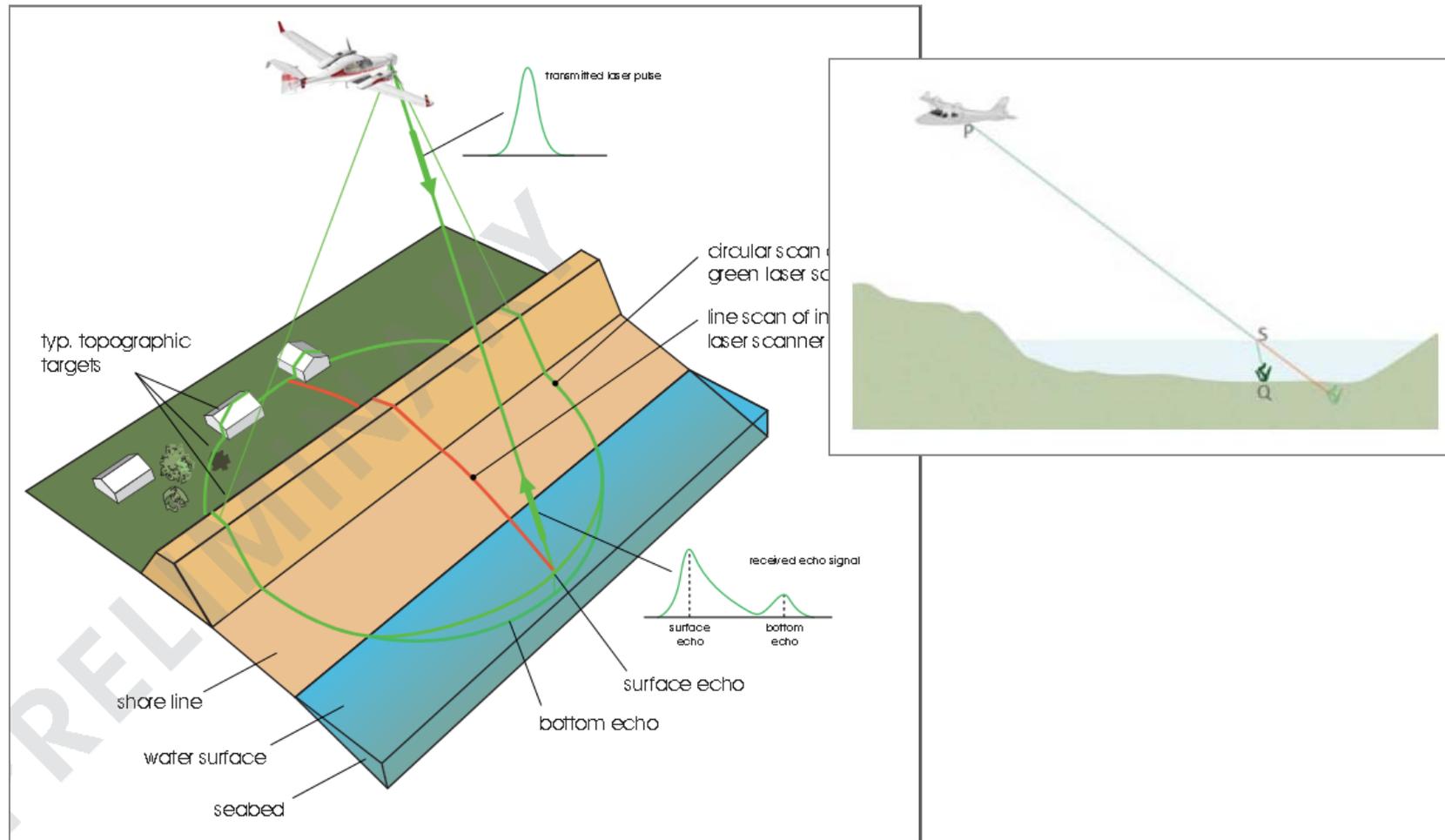


Hochwasserrisiko - Management

Arbeitszyklus des Instruments:

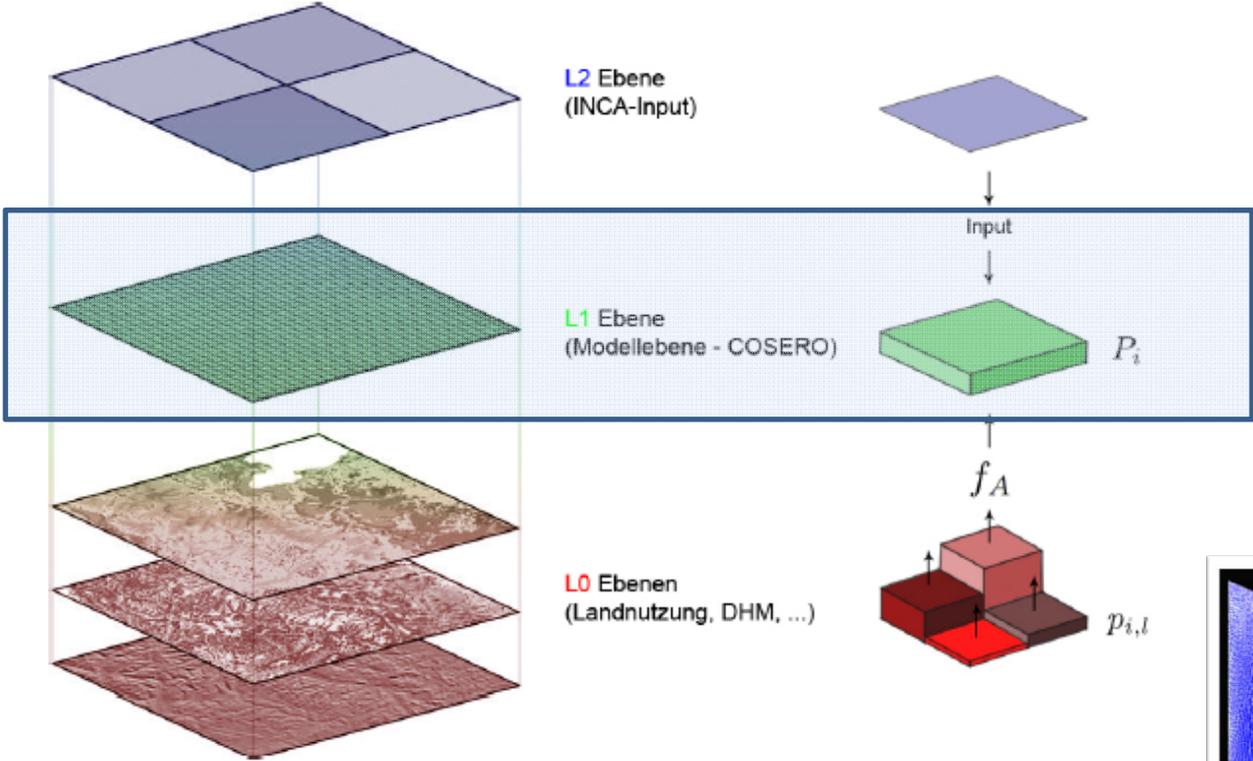


LIDAR – Topo-bathymetrie

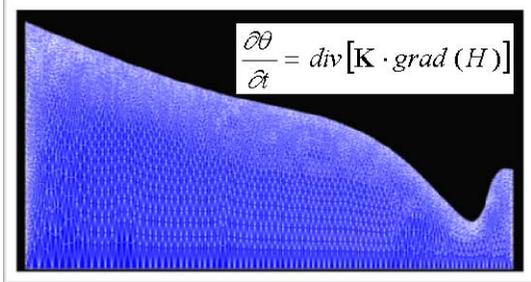
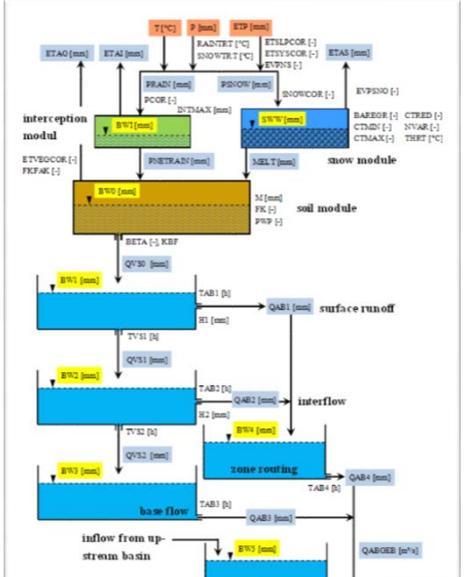


TIR – Vegetation, Bodentextur

Spatial Domain



Model



TIR – Vegetation, Bodentextur

