

Landslides: Structure of extreme rain fall events and the developement of a meteorologic

Claudia Riedl, ZAMG, Austria



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

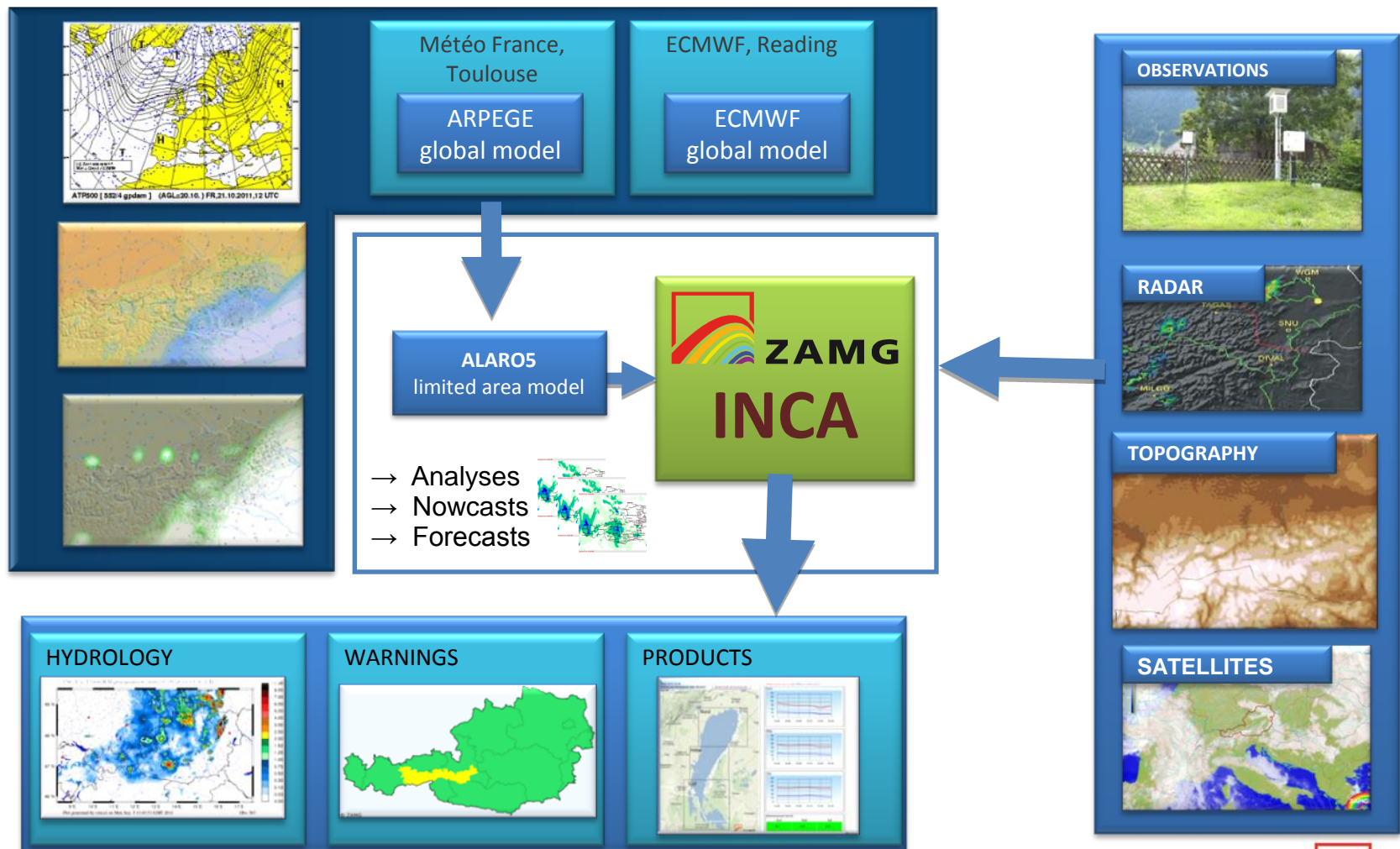
That's me and my country



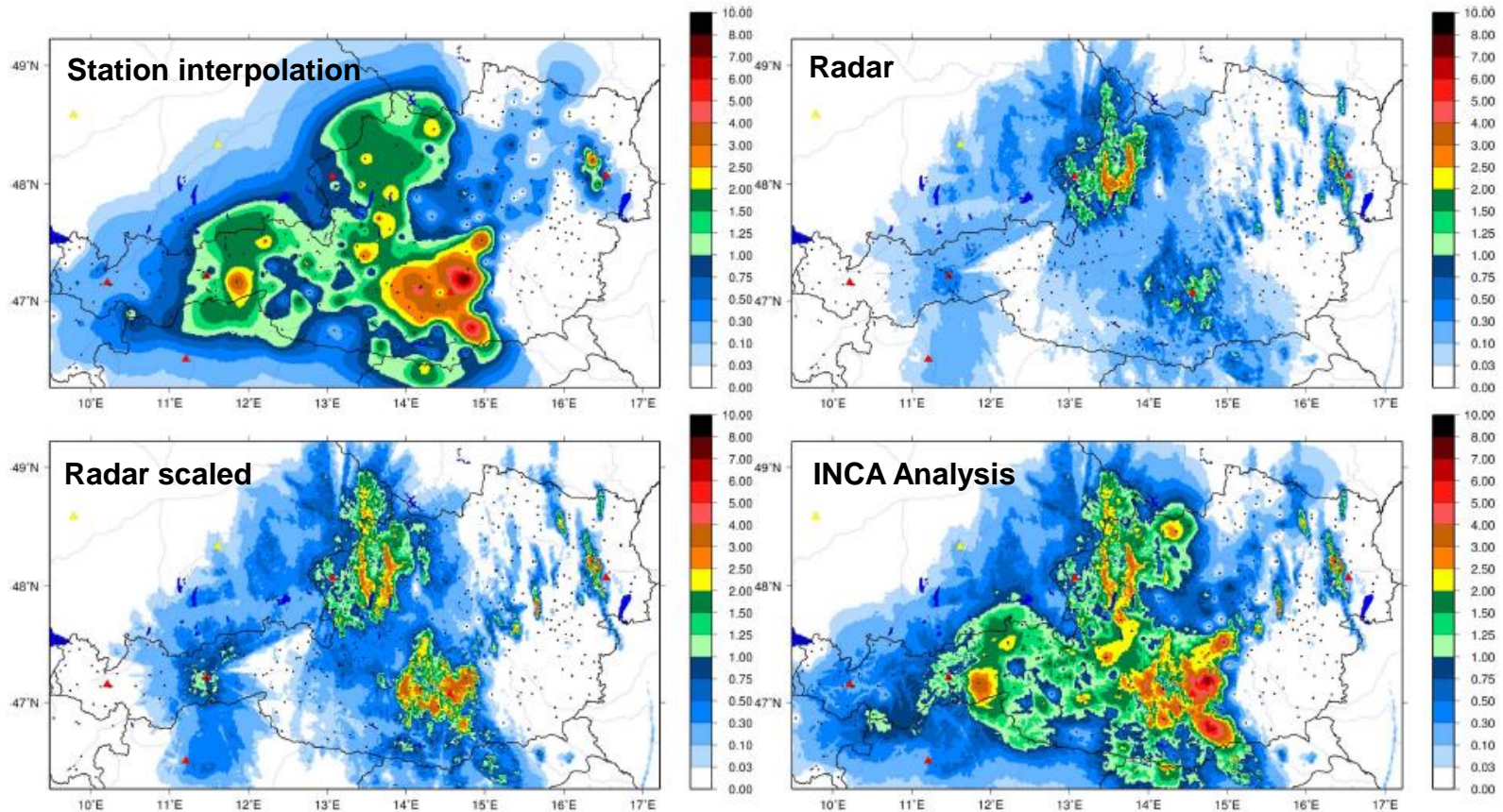
Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Salzburg, Austria



INCA – Integrated Nowcasting through comprehensive Analysis



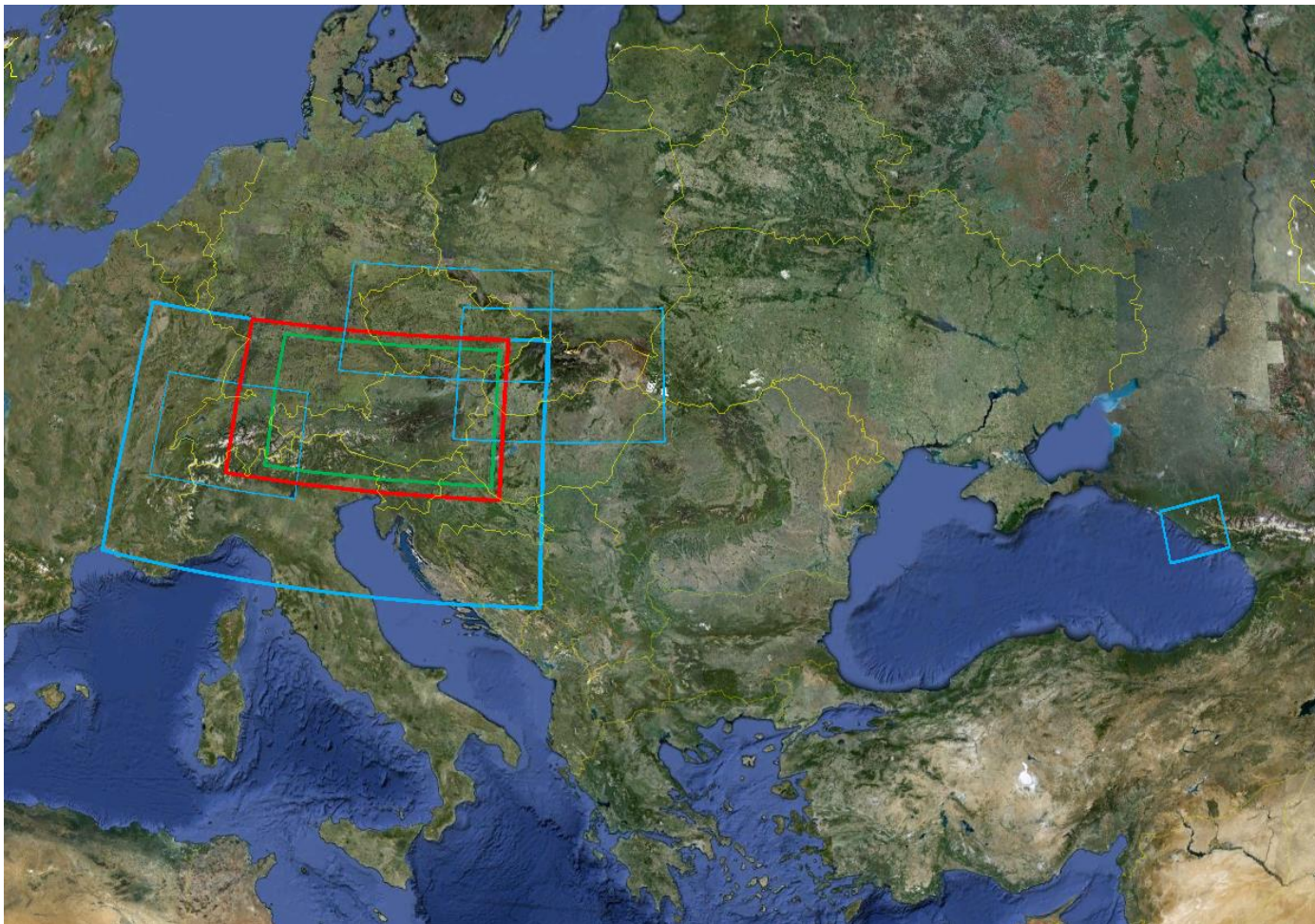
INCA - Precipitation



600-800 stations for analysis

INCA

Domains, INCA-CE



Standard Domain

Region
Eastern Alps

Domain size
700 x 400 km

Elevation range
100 - 4000 m

Resolution
Horizontal: 1 km
Vertical: 150 m
Time: 5 min – 1h



Variables

Horizontal

- Lambert projection
- 1x1 km
- 4 domains (AU,SK,CZ,CH)

Vertical

- True z-coordinate
- Shaved elements
- $dz = 100-200$ m
- 30-40 layers

2-D Analyses und Forecasts

- Precipitation
- Precipitation type
- Cloudiness
- Global radiation

3-D Analyses und Forecasts

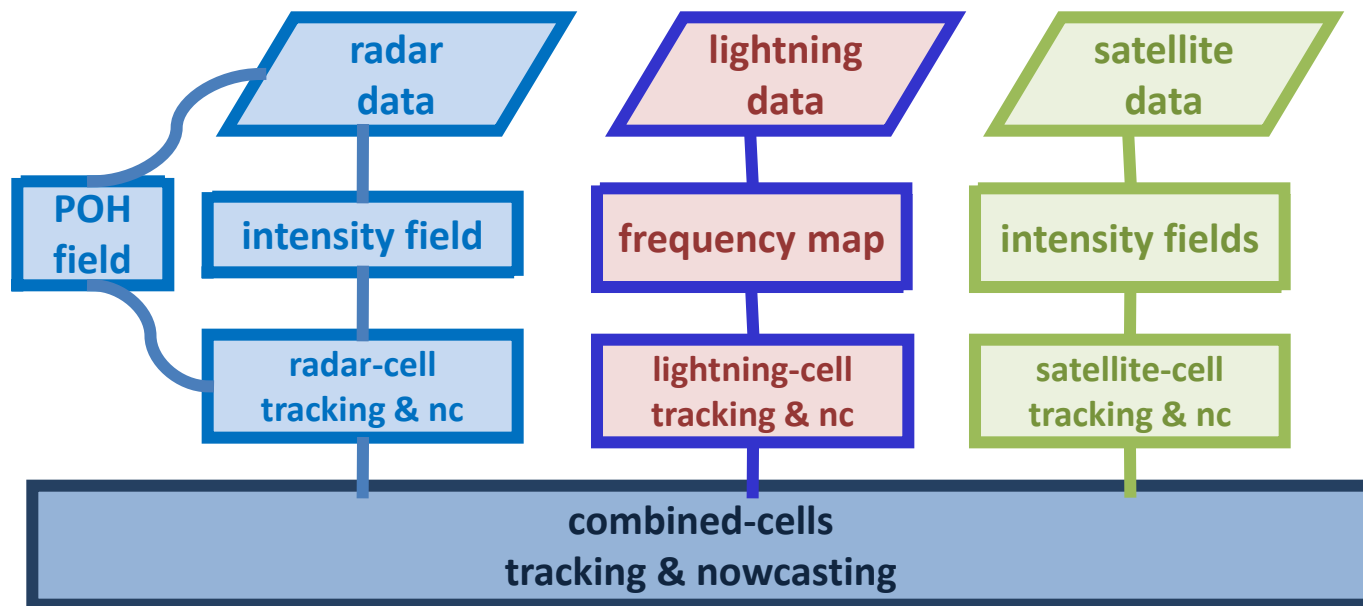
- Temperature
- Humidity
- Wind

2-D Convective Analyses Fields

- CAPE
- CIN
- LCL
- LFC
- Instability Indices (LI, Showalter, ..)
- Trigger-Temperature-Deficit
- Equivalent Potential Temperature
- Moisture convergence
- Mass convergence

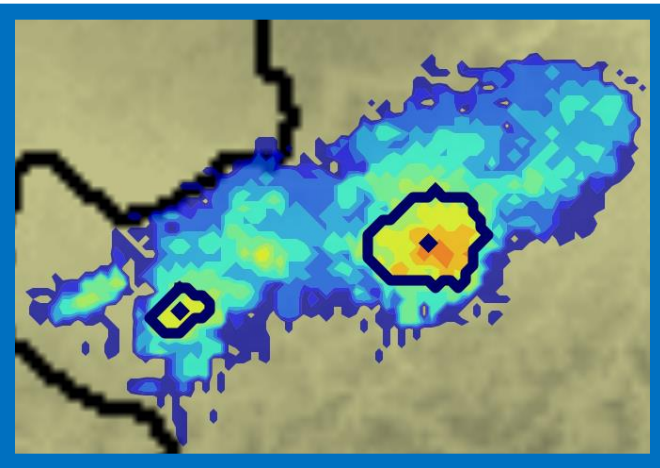
Other derived 2-D Fields

- Surface temperature
- Snowfall line
- Icing potential
- Wind chill
- Visibility





CELL IDENTIFICATION

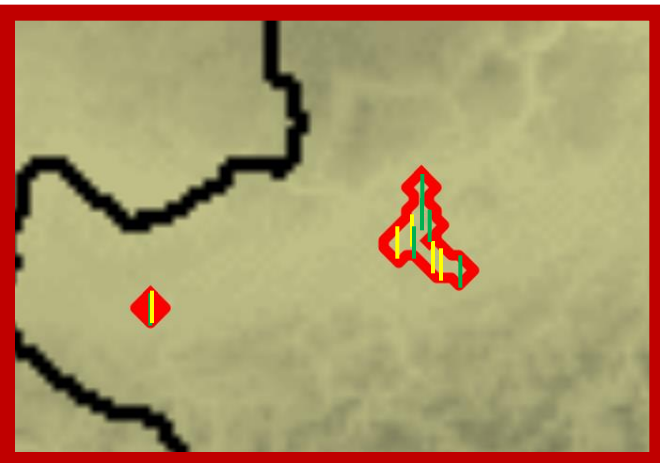


RADAR DATA

Identification of intensified precipitation cells
on 2D Intensity maps:

- Single Intensity Threshold* (38 dBZ) & Intensity Peak Segmentation Algorithm
- Area Threshold (6 km²)

Calculation of 2D and 3D cell parameters



LIGHTNING DATA

Identification of electrically active regions

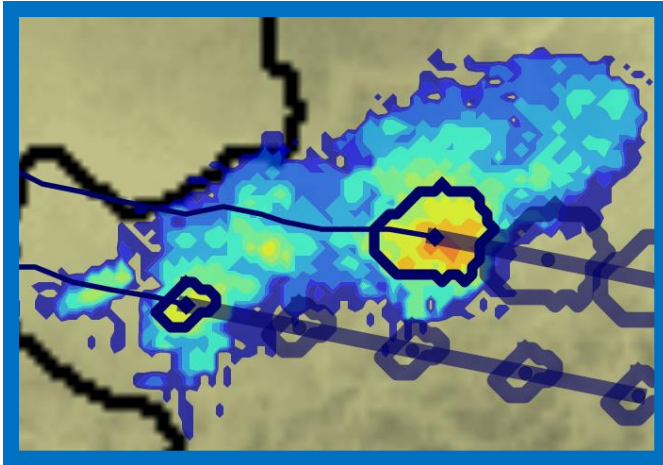
Cell clustering: accumulation time* (9 min)

maximum stroke distance* (8 km)

Calculation of lightning parameters

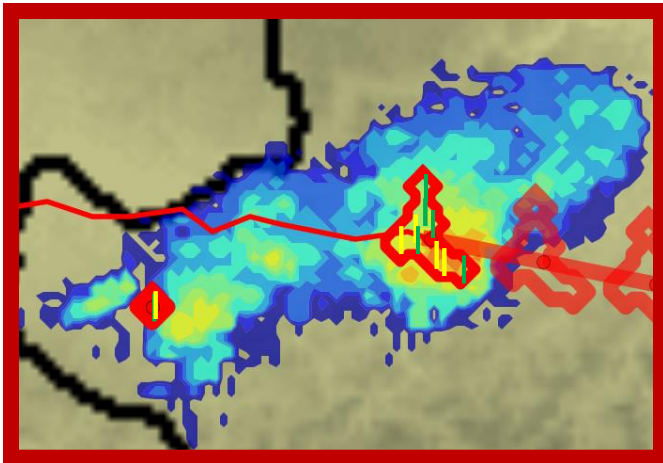
** from sensitivity studies*

CELL PROGNoses



RADAR CELLS

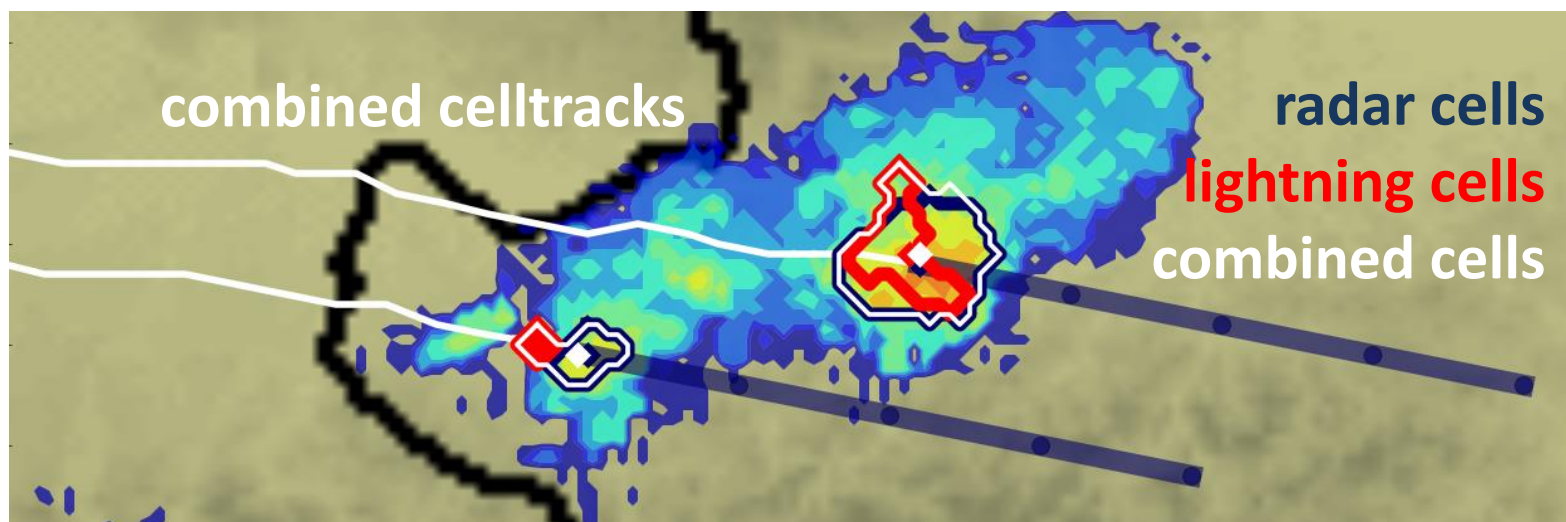
extrapolation of the previous movements (exponential weight or radar motion vector field when first detected)



LIGHTNING CELLS

extrapolation of the previous movements (similar radar cells) or no extrapolation when first detected

COMBINED TRACKING and NOWCASTING



Definition Combined Cell :

Radar and lightning cells are assigned using spatially overlapping regions of contemporaneous cells

Tracking Combined Cell :

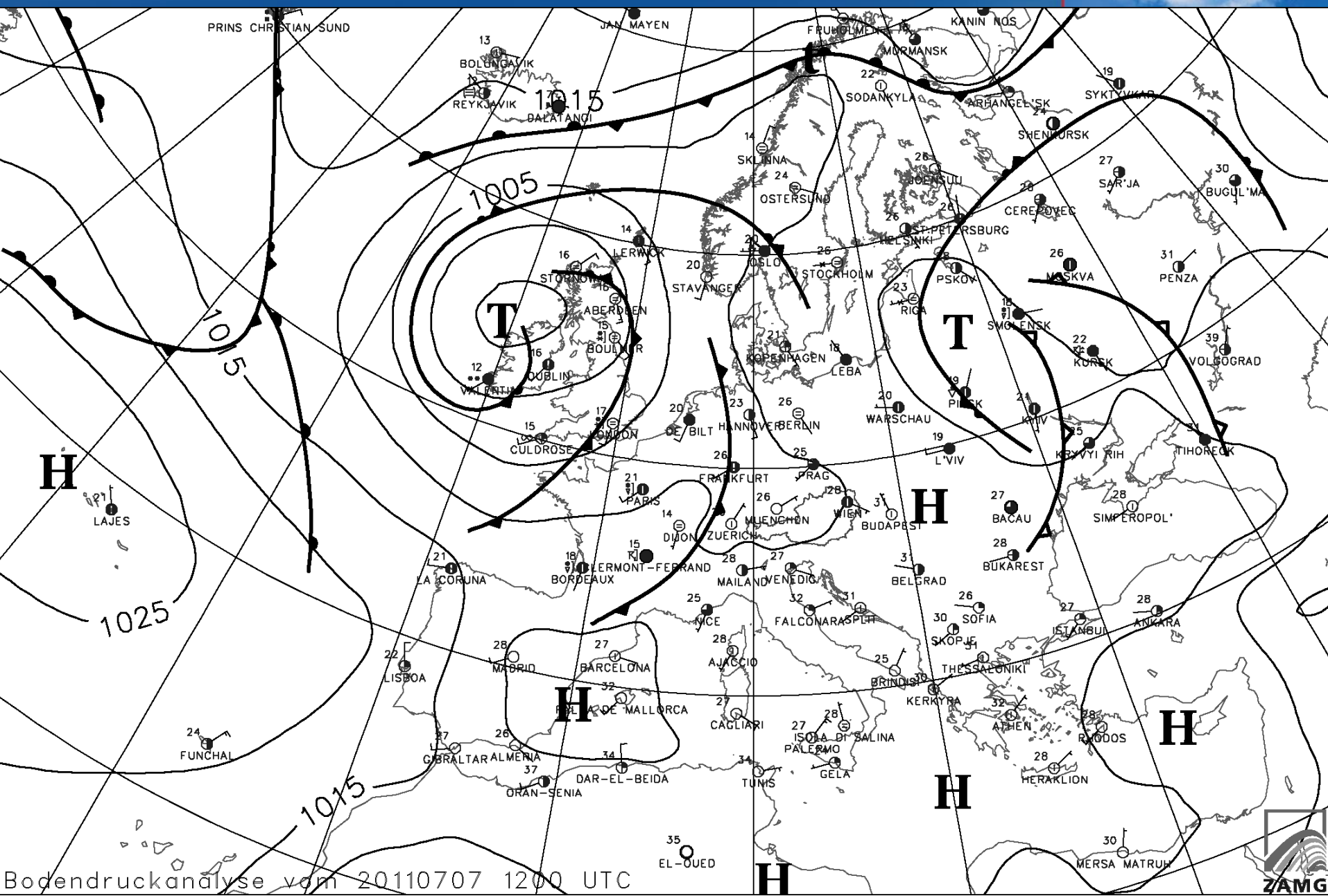
‘most important’ cell component defines track (currently: radar-cell tracks are favored), other cells are also lo

Combined Prognosis:

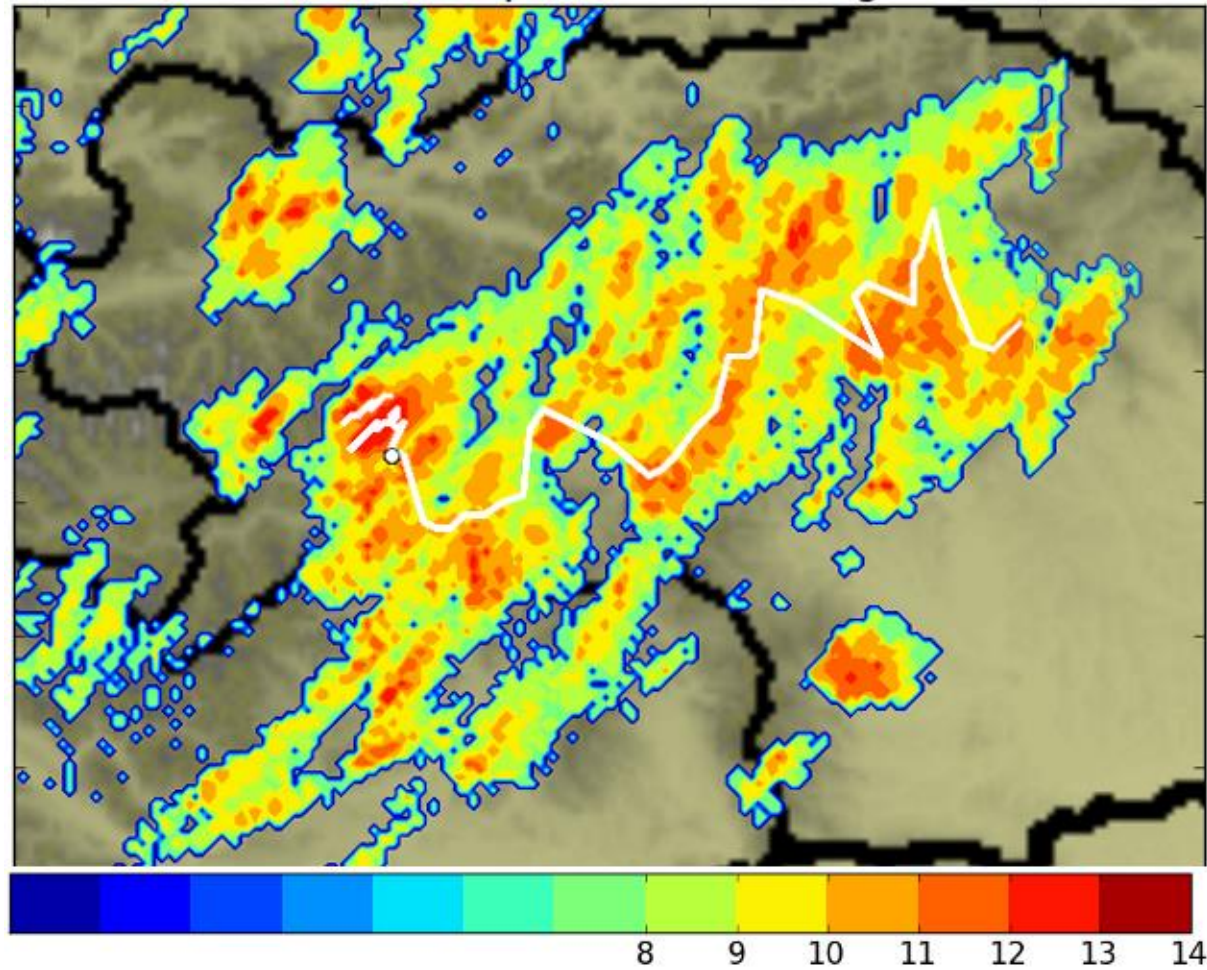
currently: radar-cell prognosis favored

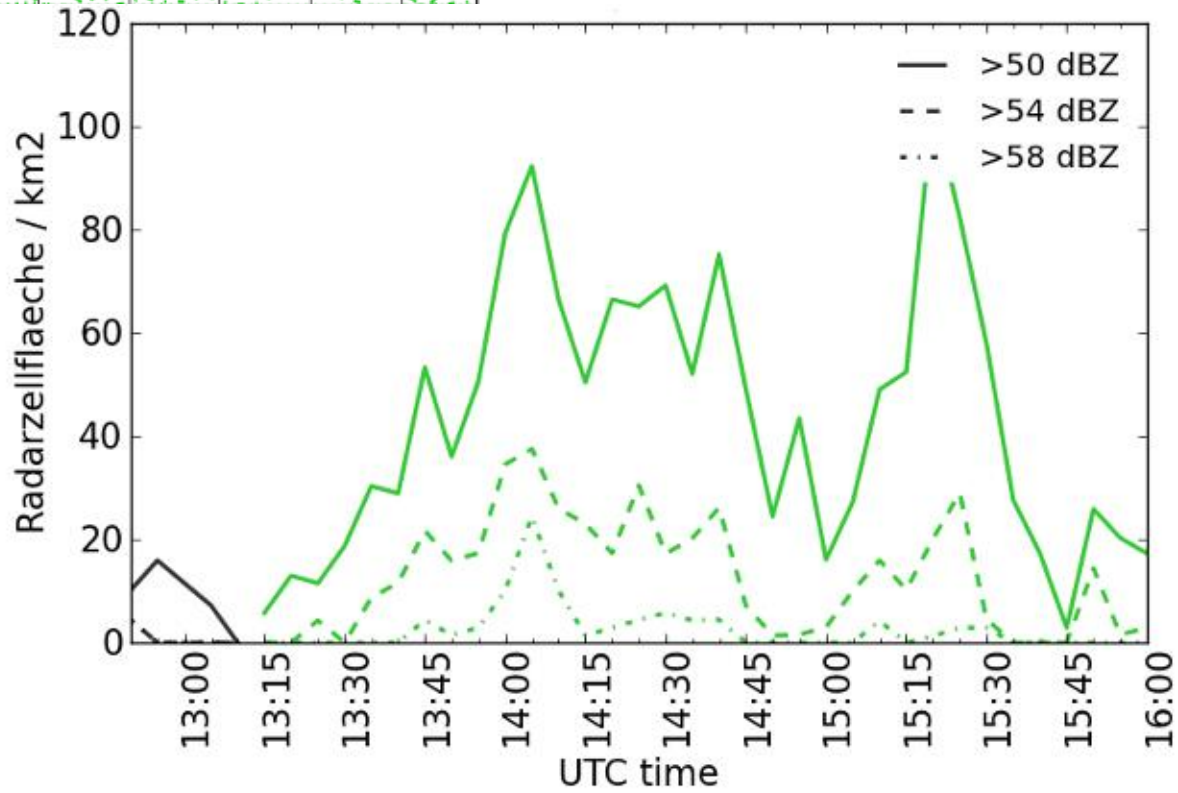
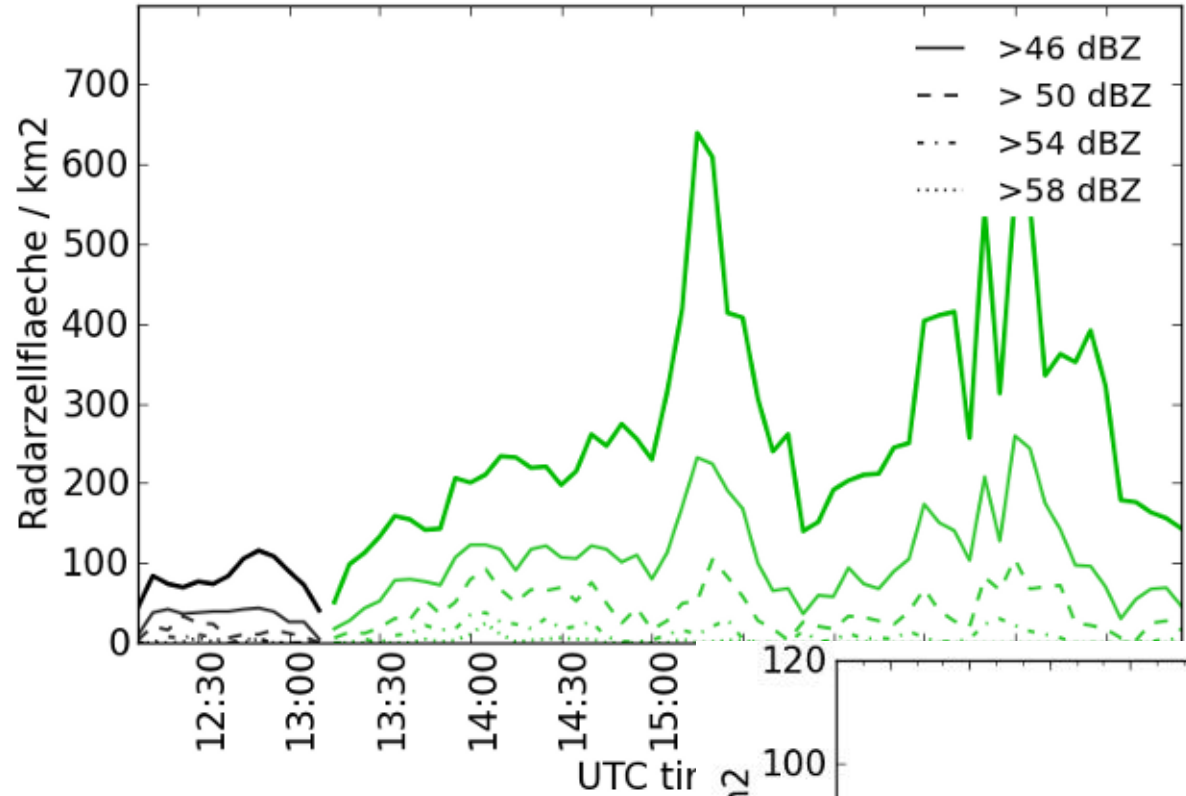


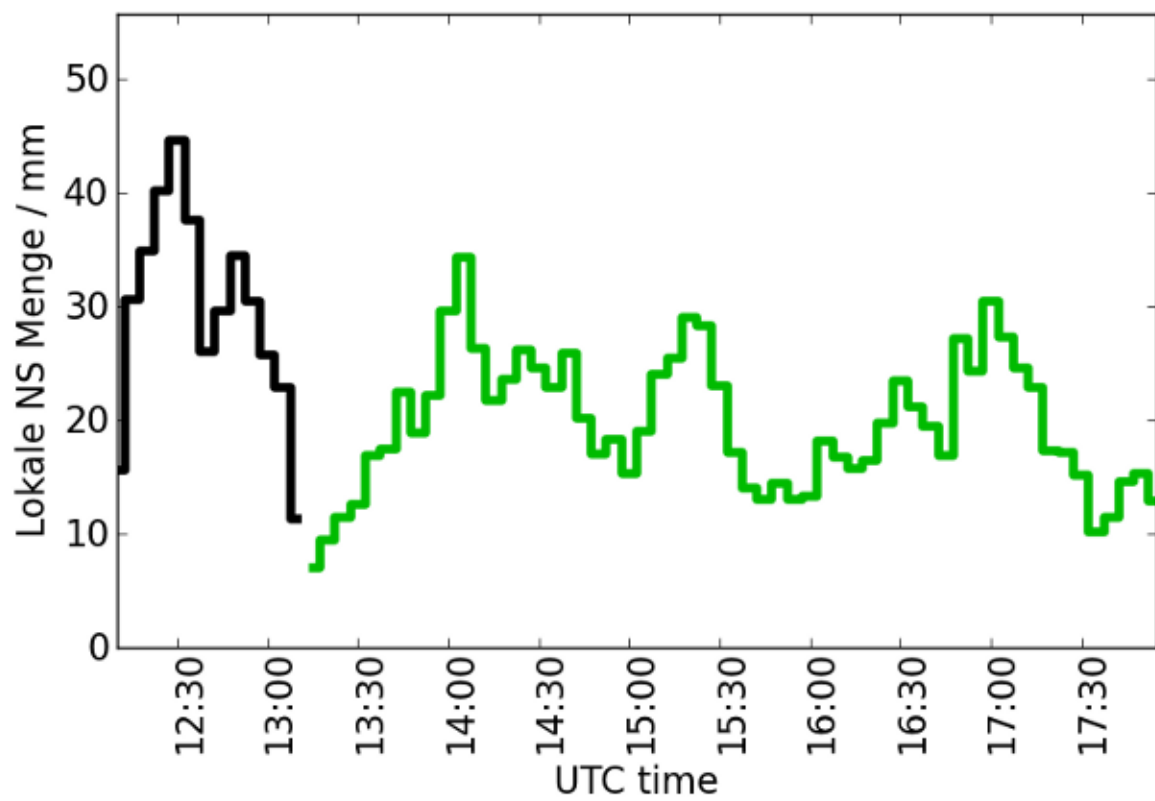
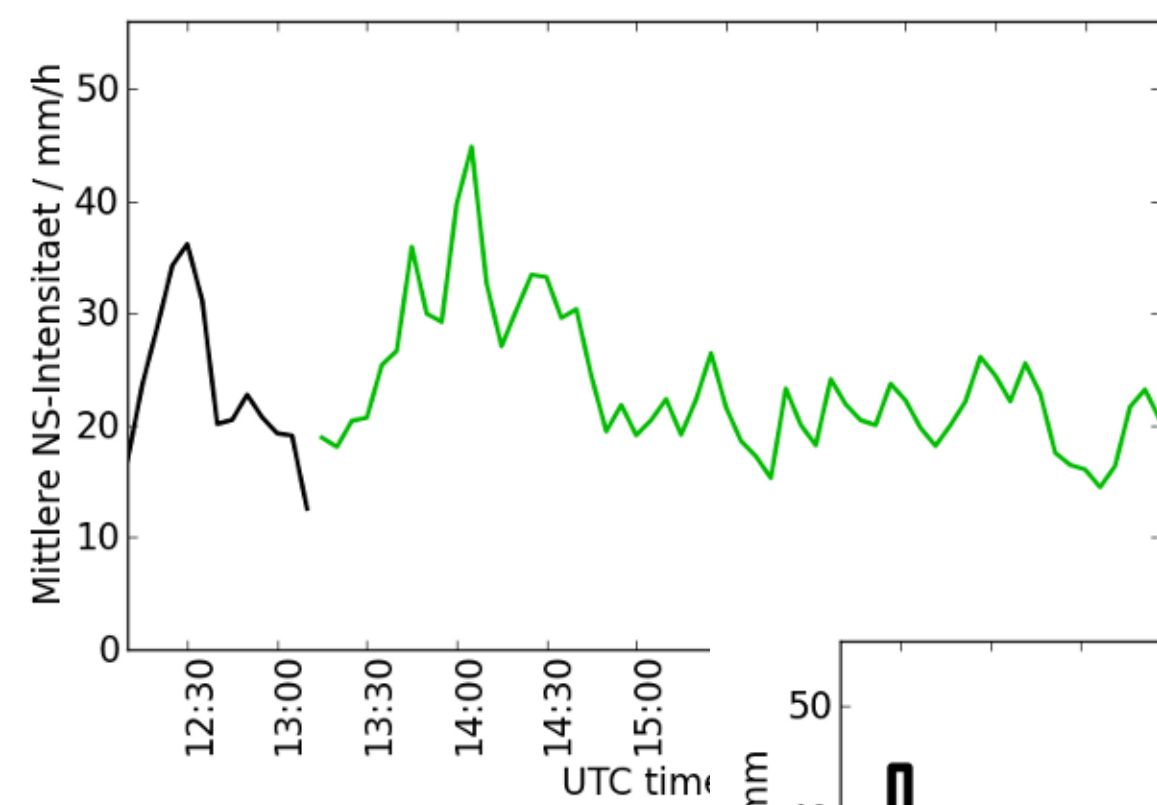
Landslides, Oberwölz, July 7th 2011

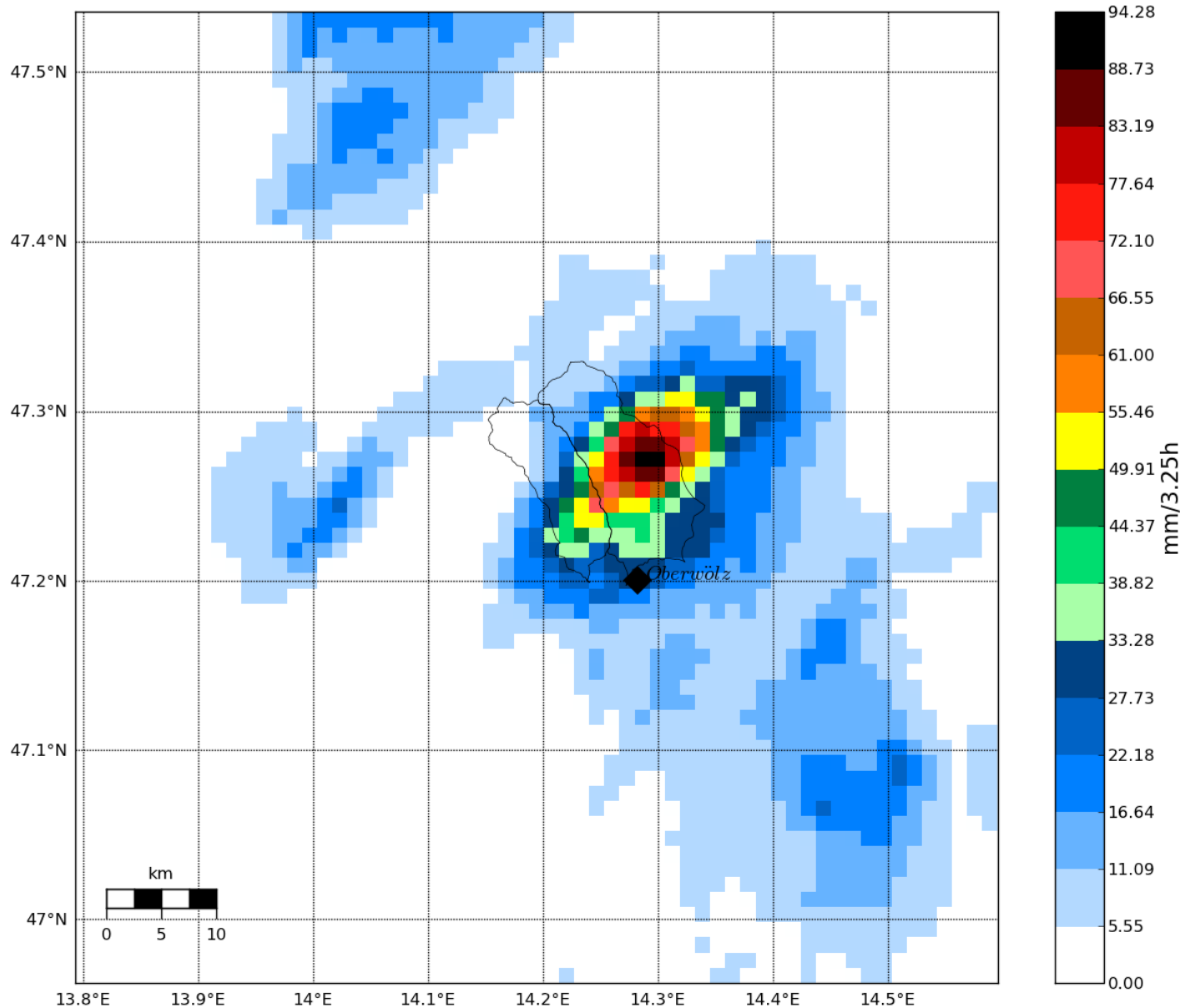


Landslides, Oberwölz, July 7th 2011









Max: 94.28, Min: 0.02, Mean: 6.33
88.73-94.28: 2km² ; 83.19-88.73: 5km² 77.64-83.19: 5km²;

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



developed by Andreas Huber (BfW), Reinhard Fromm (BfW), Harald Schellander (ZAMG), Sophie Stuke (UIBK)

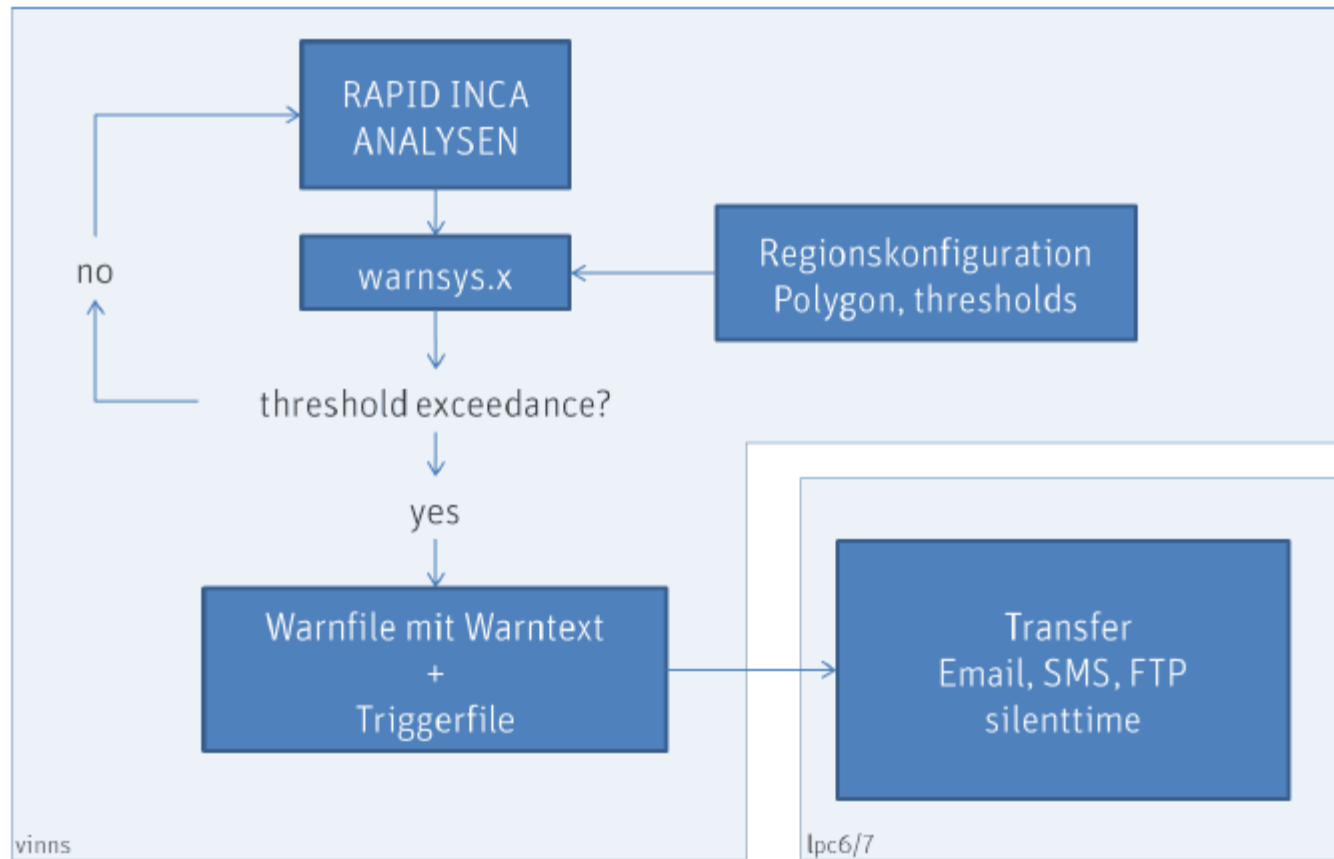
- Statistical relationship between meteorological and topographic parameters

Based on:

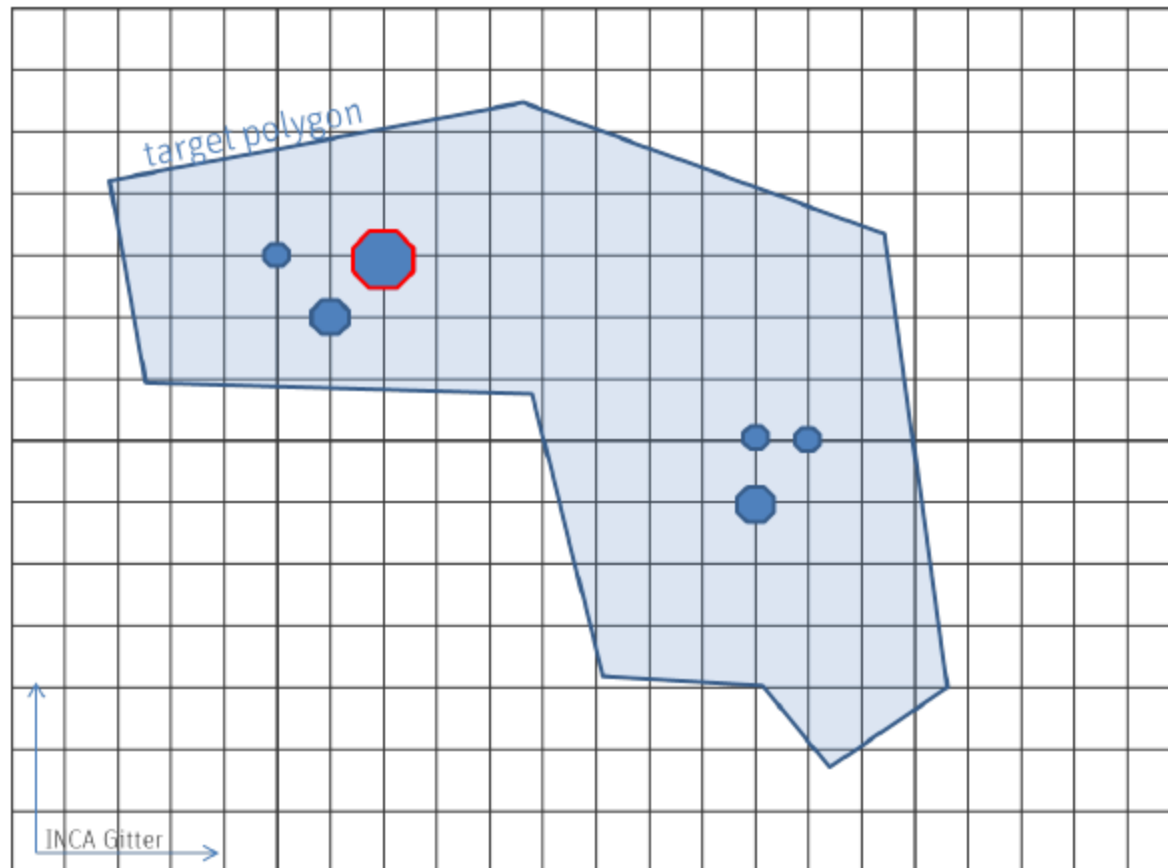
- Amount of rainfall at documented mudflows (thresholds)
- Precipitation forecast and previous rainfall impact for each INCA grid cell
- Topographic parameters for each INCA grid cell

► Propability of mudflow in an INCA grid cell

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



MUWA – meteorological early warning system of mudflows



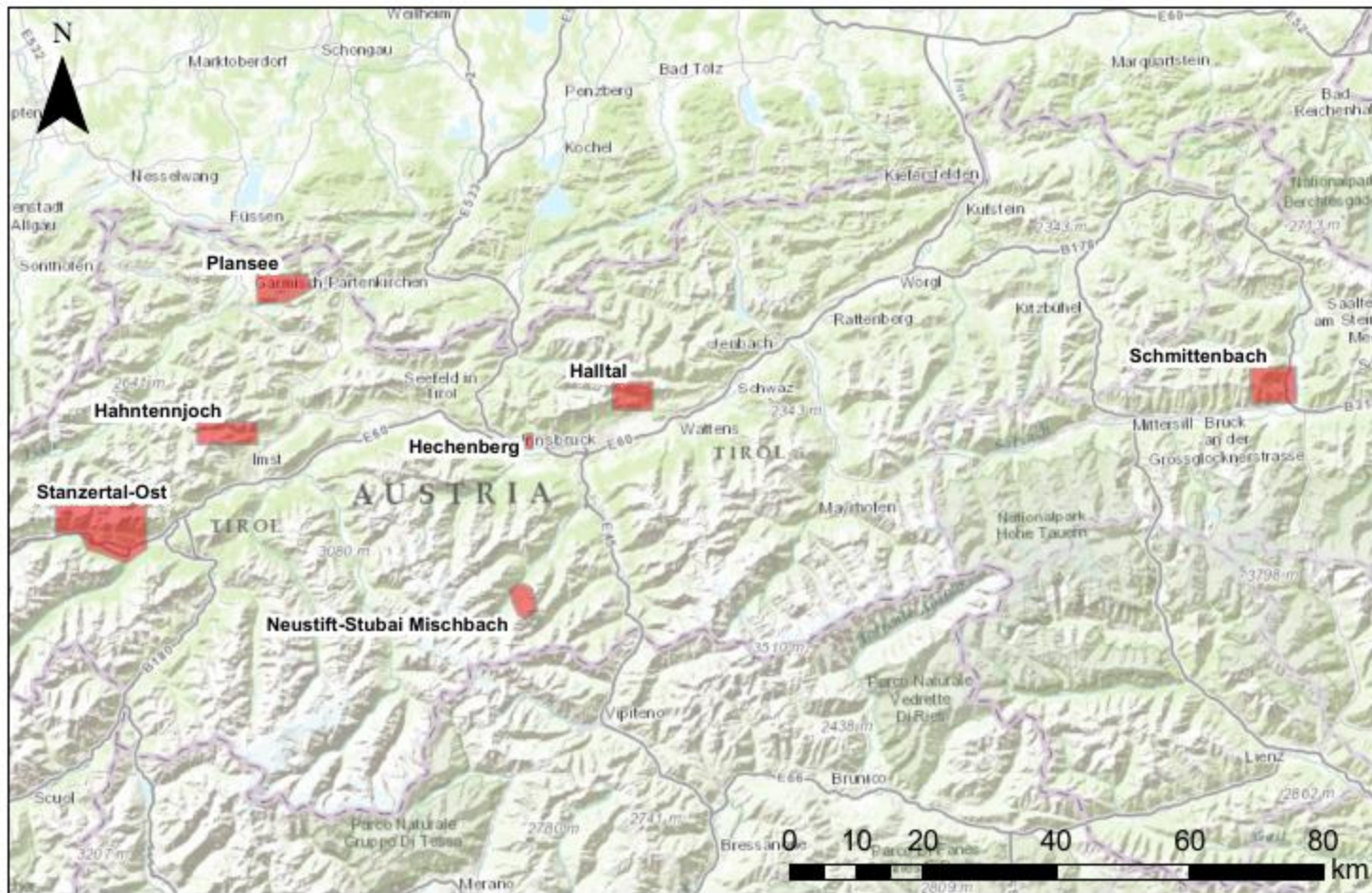


Abbildung 1: Übersicht der Untersuchungsgebiete in MUWA. Die roten Polygone stimmen mit den "Bounding Boxes" der verwendeten INCA-Punkte überein. Quelle Karte: ESRI



Data:

Time, date, location and additional information for each documented mudflow (28 between 2004 and 2012)

Hydrological characteristics of the torrent catchments

Precipitation data from meteorological/hydrological stations (15 min)

Topography: ALS-DHM (10 m resolution)

Land use maps

Orthophotos

Tabelle 2: Ereignisdaten mit Gebiet, Datum und Uhrzeit von dokumentierten Murereignissen in den Untersuchungsgebieten für den Zeitraum von 2004 - 2012. Für Ereignisse mit 'Nan' in der Zeitspalte ist zwar das Datum, jedoch keine genauere Angabe über die Uhrzeit bekannt. Die rechte Hälfte der Tabelle zeigt korrigierte Angaben zu Ereigniszeitpunkt (UZ_{corr}) und -dauer.

Gebiet	Gebiet-kurz	Datum	Uhrzeit	UZ_{corr}	Dauer [h]
Halltal	HAT	26.06.2008	Nan	03:00	3.0
Halltal	HAT	29.06.2008	22:00	23:30	1.5
Halltal	HAT	17.07.2010	20:30	18:30	3.0
Halltal	HAT	14.08.2011	21:15	18:00	7.5
Halltal	HAT	10.10.2011	12:00	11:00	3.5
Hahntennjoch	HTJ	23.08.2012	19:00	17:00	1.0
Hahntennjoch	HTJ	25.08.2012	23:40	17:00	7.0
Mischbach / Neustift	NEU	22.07.2006	17:30	23:30	3.5
Mischbach / Neustift	NEU	28.07.2006	16:30	08:00	2.0
Mischbach / Neustift	NEU	02.07.2012	16:00	16:00	0.5
Plansee-Nordufer	PLS	29.07.2008	Nan	15:00	1.5
Plansee-Nordufer	PLS	11.07.2010	20:00	21:00	1.5
Plansee-Nordufer	PLS	31.08.2010	08:50	04:00	3.0
...



Precipitation Data:

INCA 15 max sums of precipitation

Floating sums for different time intervalls

Precipitaion data from weather stations

MUWA – meteorological early warning system of mudflows

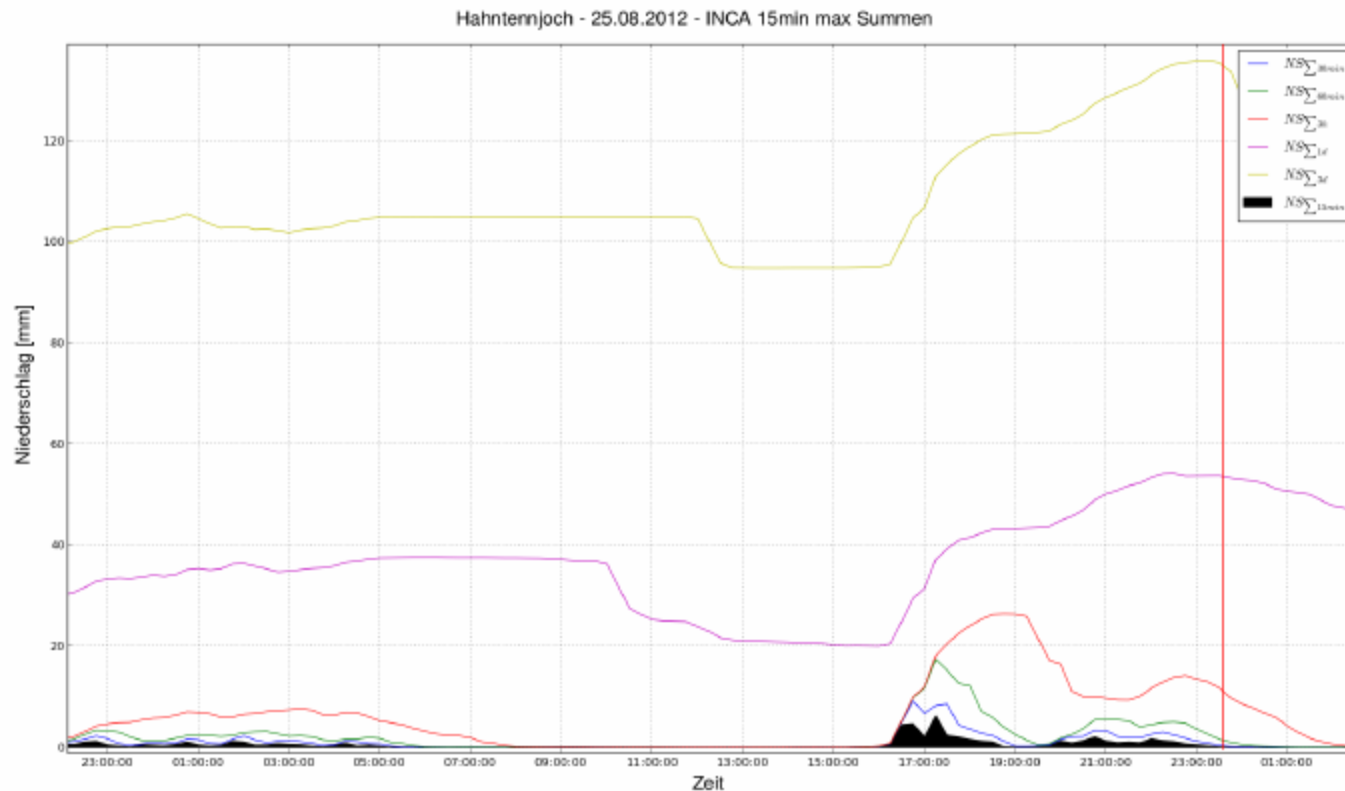


Abbildung 2: INCA 15min max Niederschlagssummen für ein dokumentiertes Murereignis am Hahntennjoch.

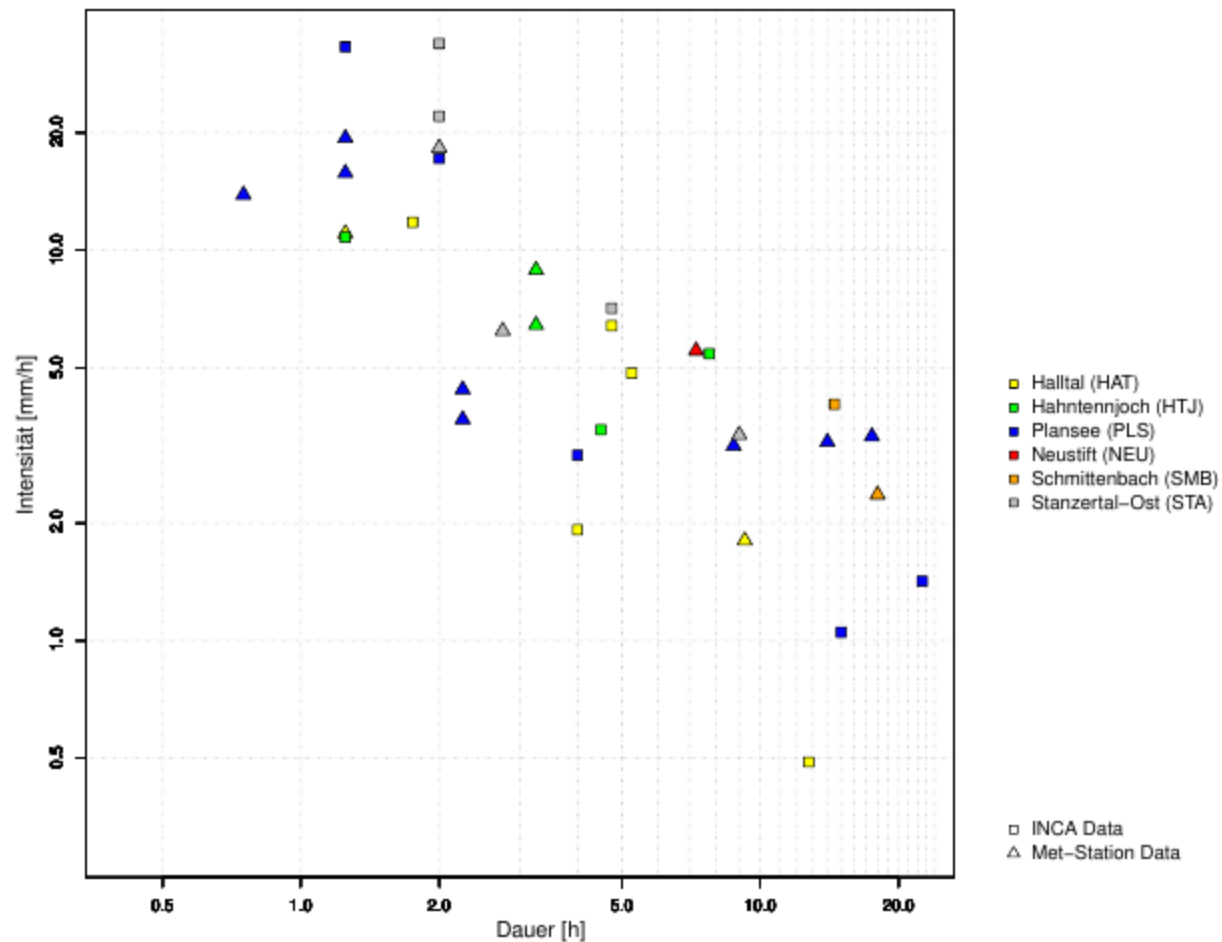


Abbildung 3: Dauer und durchschnittliche Intensität der Auslöseniederschläge. Die Auslöseniederschläge in den einzelnen Gebieten sind farblich unterschieden. Die Daten sind entweder den INCA-Analysen oder nahegelegenen Stationsdaten entnommen (siehe Legende).

Duration and intensity of mudflow triggering rainfall

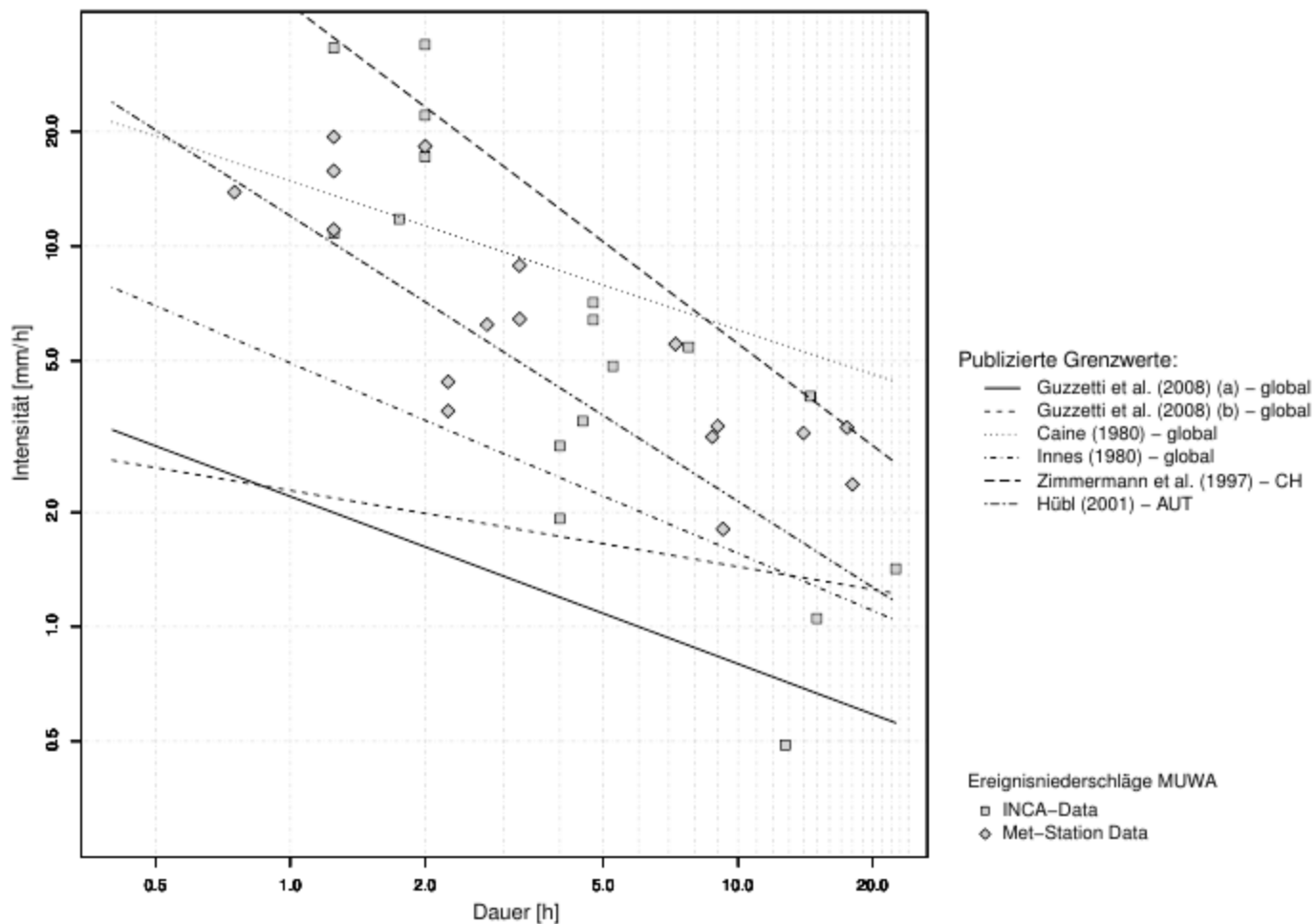


Abbildung 4: Vergleich der Ereignisniederschläge aus dieser Untersuchung mit in publizierten globalen und regionalen I-D Schwellwerten.

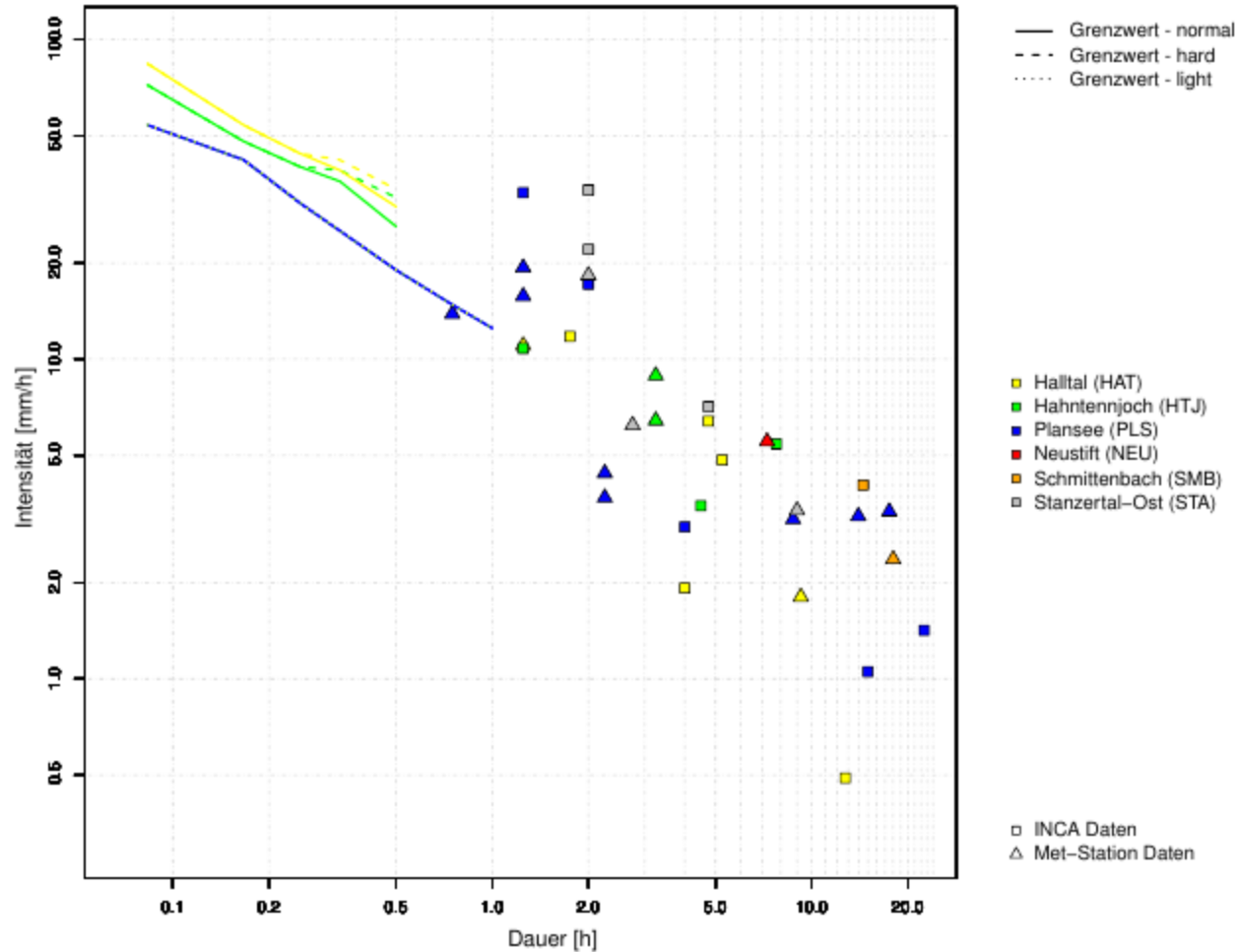


Abbildung 5: Derzeit von der ZAMG verwendete I-D Schwellwerte im Vergleich mit den möglichen Ereignisniederschlägen für die MUWA-Ereignisse. Die Schwellwerte sind den jeweiligen Gebieten farblich zugeordnet.

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



Prediction function:

Vectors for meteorological and topographic parameters
(resolution 15 min)

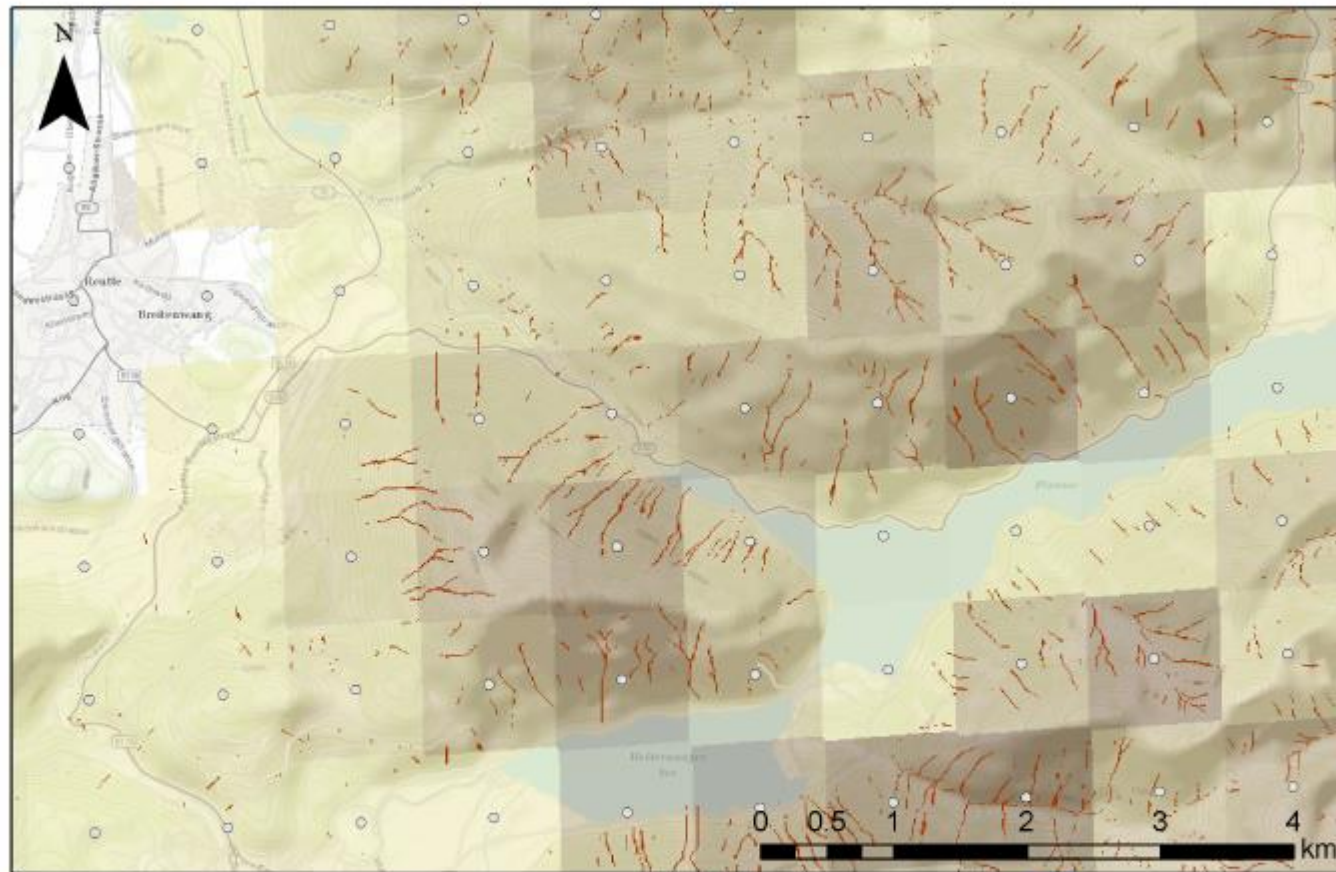
Vectors for mudflows (timestamp and duration)
(resolution 15 min)

Multiple linear regression for occurrence of mudflows

Tabelle 4: Für die Vorhersage von Murereignissen herangezogene Prediktorvariablen. Die Niederschlagssummen verschiedener Dauerstufen ergeben jeweils aus den gleitenden Summen der maximal in einem Gebiet beobachteten INCA-15min Summen.

Variable	Beschreibung
$\sum NS_{15(max)}$	maximale 15min Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{30(max)}$	maximale 30min Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{45(max)}$	maximale 45min Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{1h(max)}$	maximale 1h Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{12h(max)}$	maximale 12h Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{1d(max)}$	maximale 1d Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
$\sum NS_{3d(max)}$	maximale 3d Niederschlagssumme für das jeweilige Untersuchungsgebiet
AK_{mean}	Mittlere Abflussklasse je betrachteter Fläche
RK_{mean}	Mittlere Oberflächenrauigkeit je betrachteter Fläche
DAI_{ext}	"Auslösepunktdichte" für extreme Ereignisse
DAI_{rare}	"Auslösepunktdichte" für seltene Ereignisse

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



potentielle Auslösepunkte

Abbildung 6: Mittels topographischer Analyse bestimmte Dispositionsflächen für Murgänge (vgl. Gl. 2) am Beispiel Untersuchungsgebiet Plansee. Die Dispositionsflächen sind durch die rötliche Signatur erkenntlich. Ebenfalls dargestellt sind die jeweiligen Werte für DAI_{ext} je INCA-Gitterpunkt. Je dunkler die Signatur, desto mehr potentielle Anbruchgebiete liegen innerhalb der INCA-Rasterzelle. Quelle Karte: ESRI



lineare Regression "7x4"

$$\begin{aligned} p = & 0.000104095242602 + 6.97396982 \times 10^{-5} x'_0 - 2.94457149 \times 10^{-5} x'_1 - \\ & 1.49092312 \times 10^{-4} x'_2 + 5.76054226 \times 10^{-4} x'_3 - 2.60938376 \times 10^{-5} x'_4 + \\ & 2.36301084 \times 10^{-5} x'_5 + 1.35659304 \times 10^{-4} x'_6 - 1.79735587 \times 10^{-5} x'_7 - \\ & 3.55762403 \times 10^{-5} x'_8 + 2.71595103 \times 10^{-4} x'_9 - 2.74704192 \times 10^{-4} x'_{10} \end{aligned} \quad (3)$$

Die Funktion kann für jeden INCA-Gitterpunkt, für den die Informationen $[x_0, \dots, x_n]$ vorliegen, gelöst werden.

MUWA – meteorological early warning system of mudflows

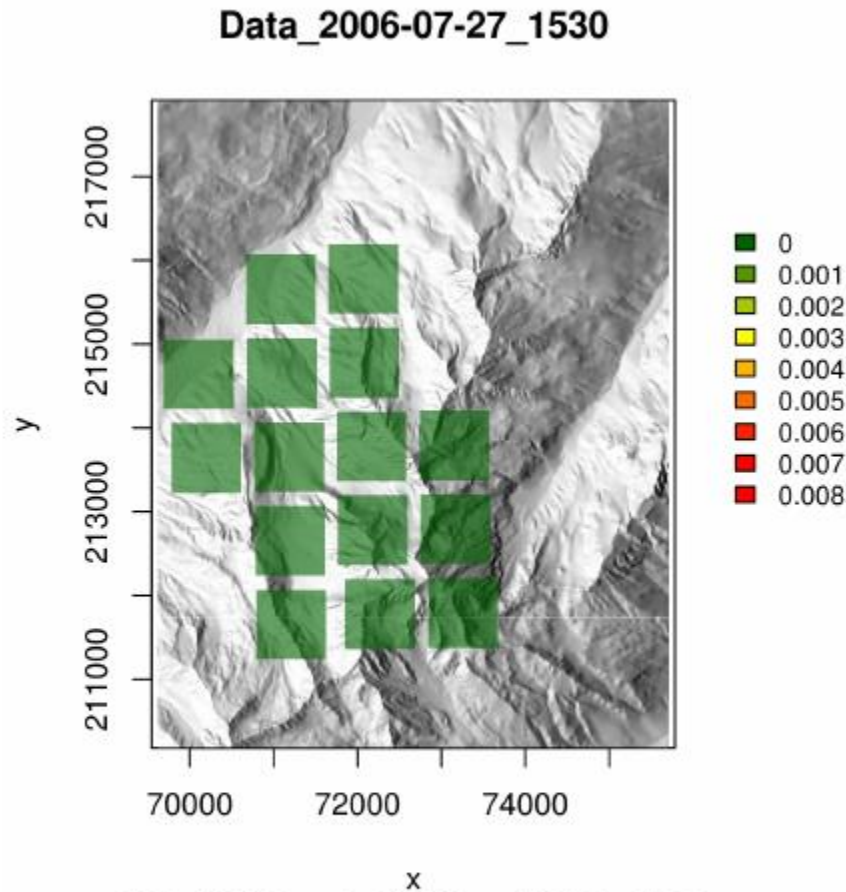
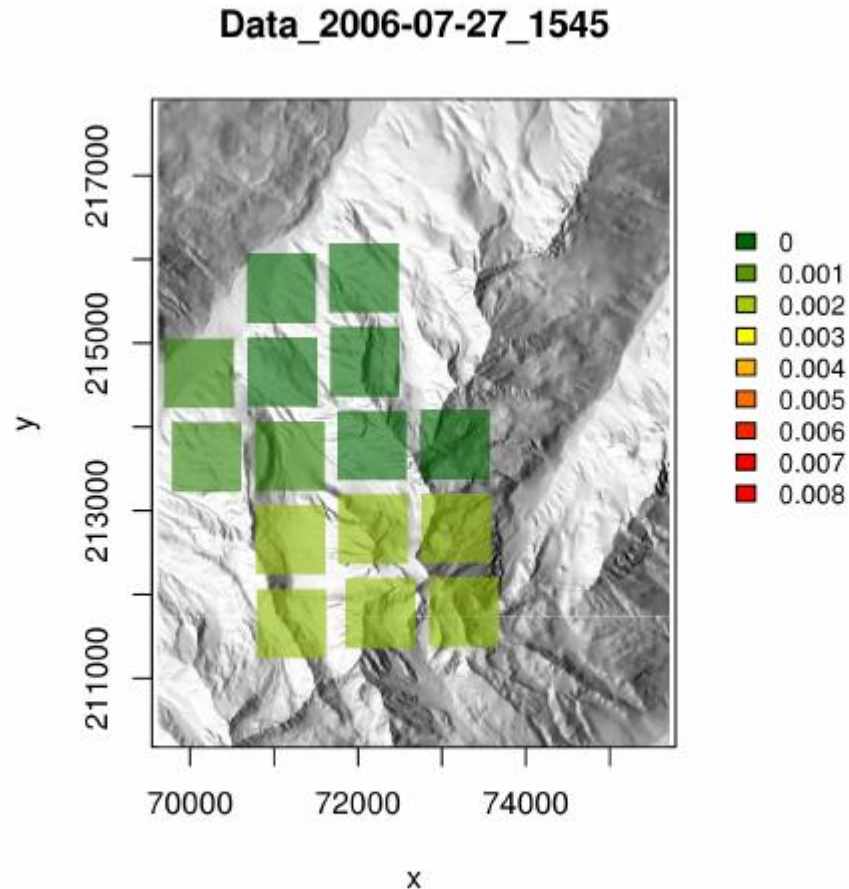


Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

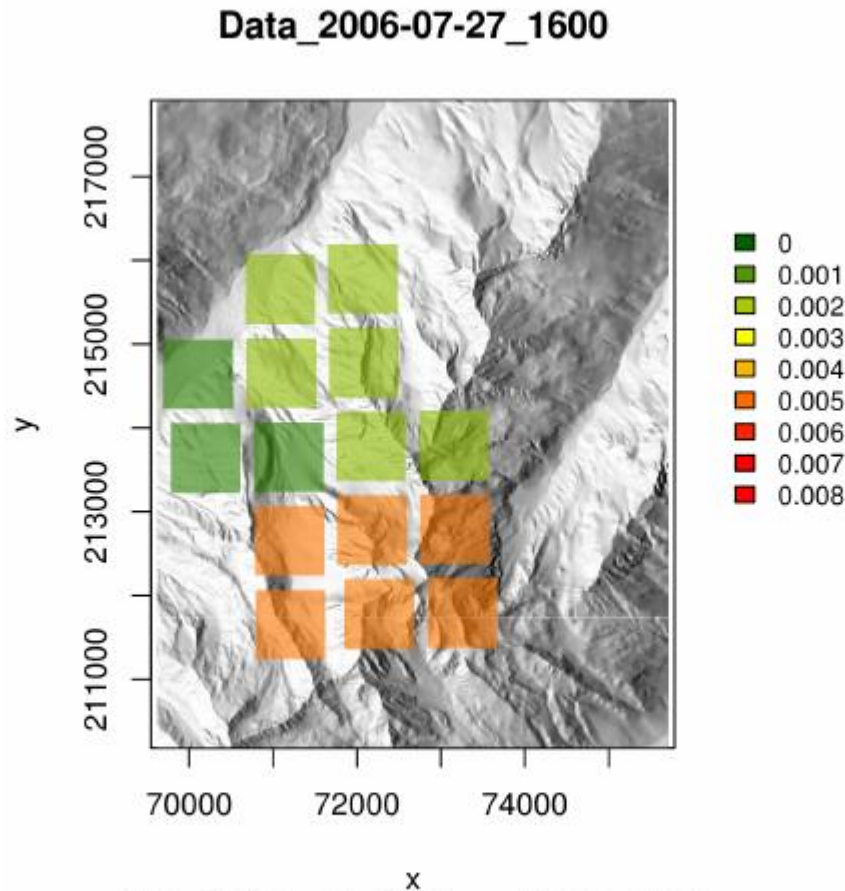
MUWA – meteorological early warning system of mudflows



CRS: MGI Austria GK West - EPSG: 31254

Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

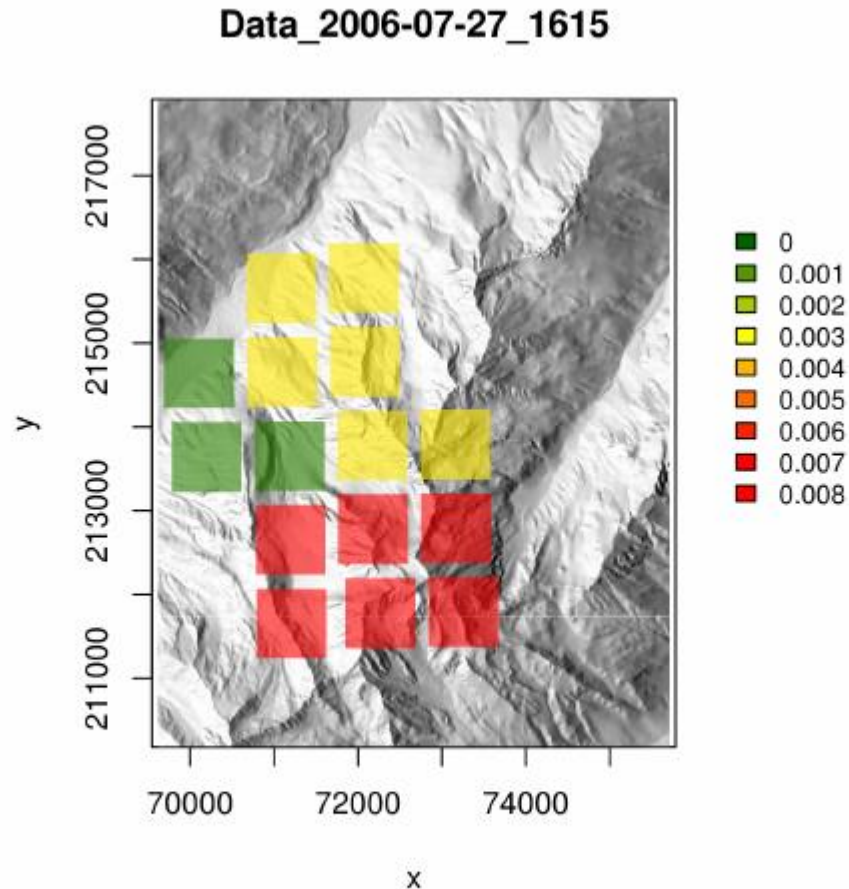
MUWA – meteorological early warning system of mudflows



CRS: MGI Austria GK West - EPSG: 31254

Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



CRS: MGI Austria GK West - EPSG: 31254

Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

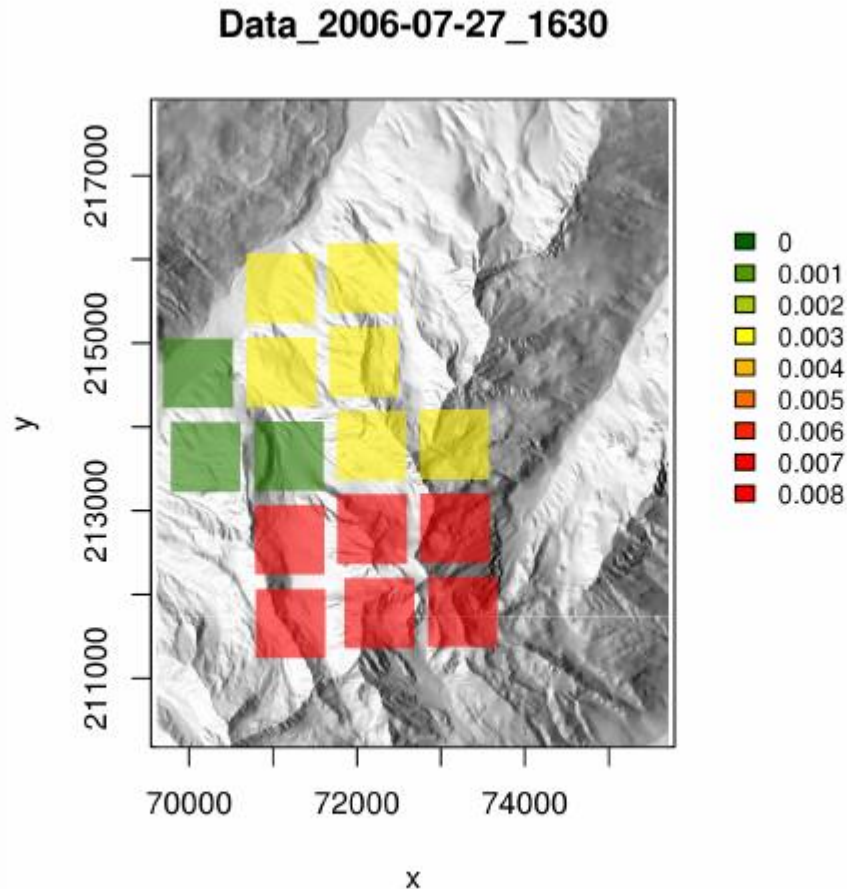


Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

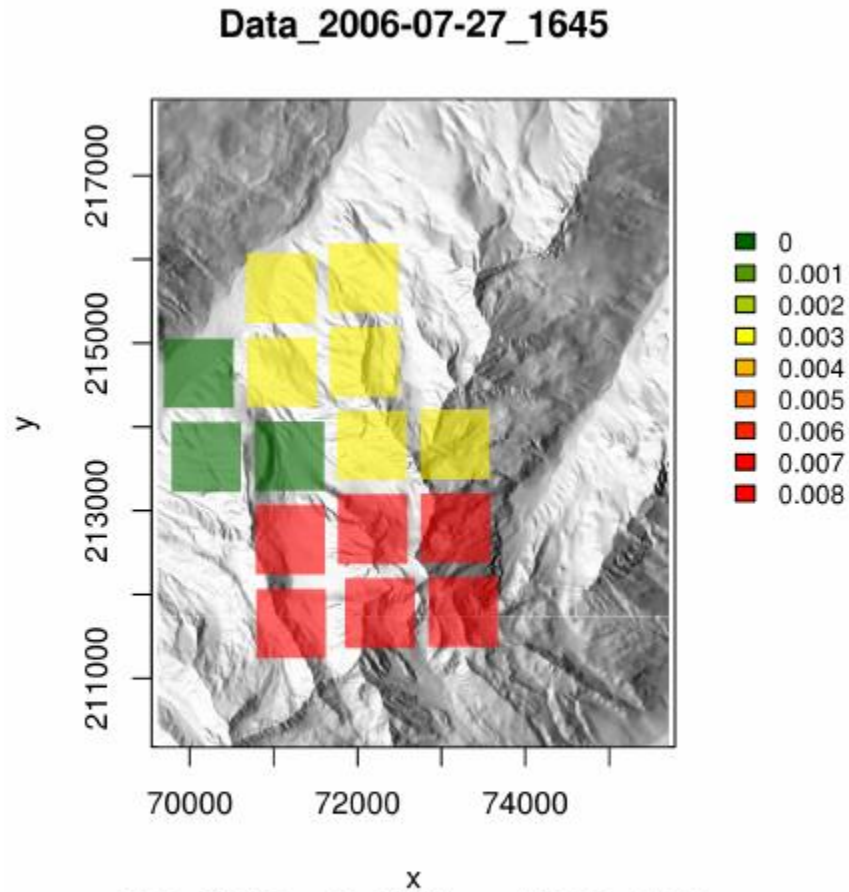
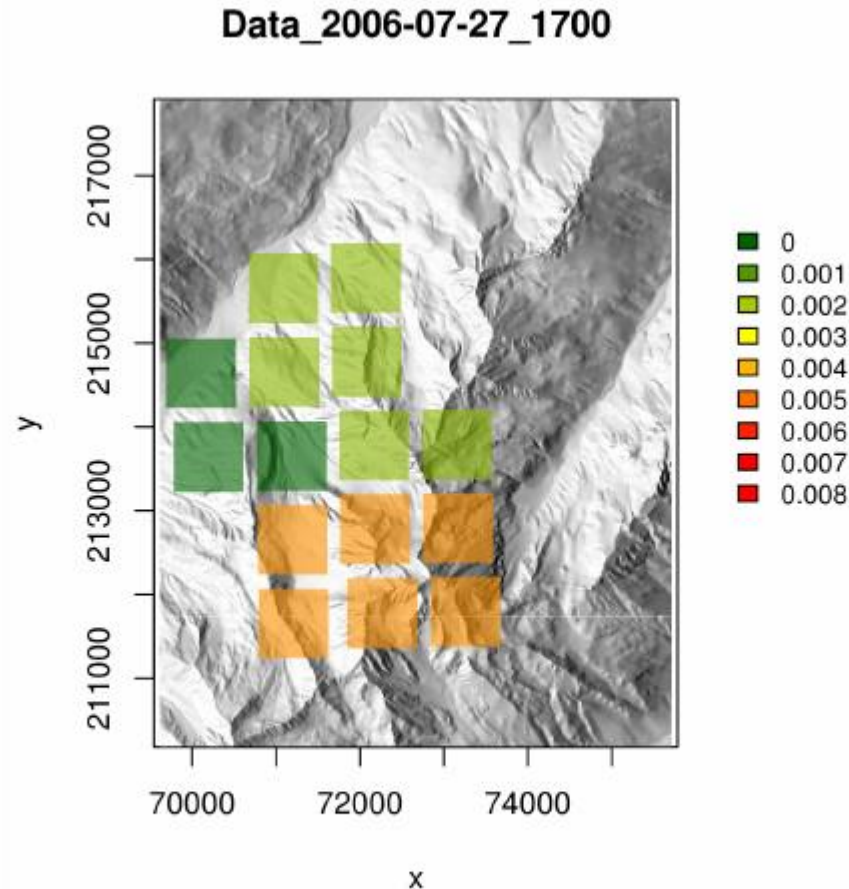


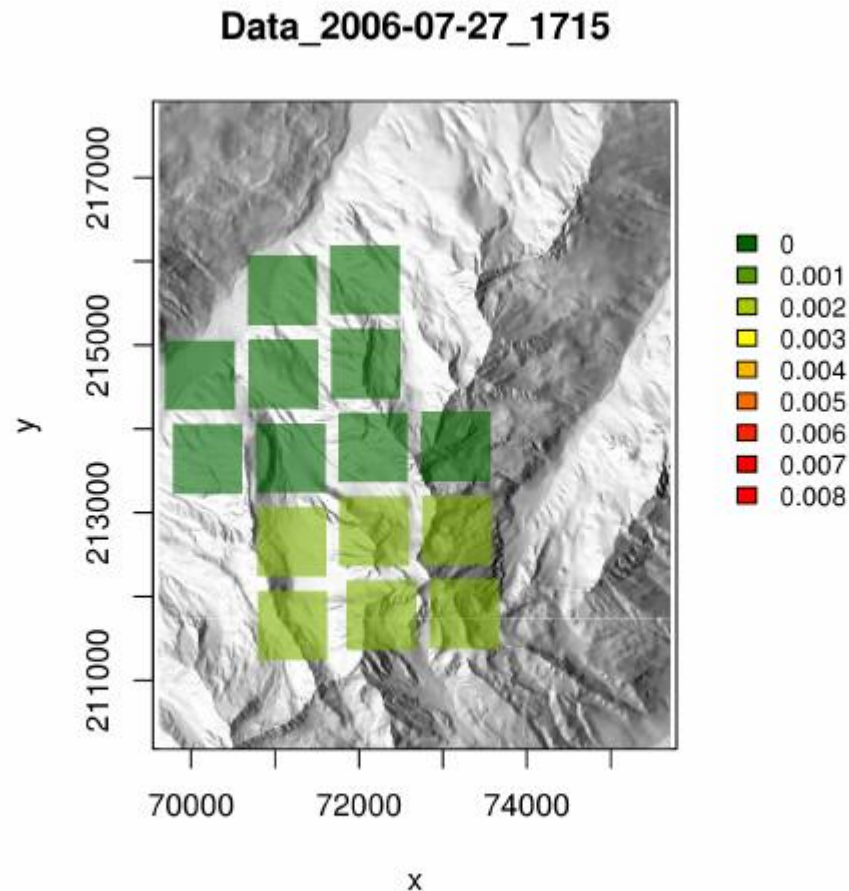
Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr

MUWA – meteorological early warning system of mudflows



CRS: MGI Austria GK West - EPSG: 31254

Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr



CRS: MGI Austria GK West - EPSG: 31254

Abbildung 7: Anwendung der Vorhersagefunktion für INCA-Gitterpunkte im Gebiet NEU über einen Zeitraum von 2 Stunden rund um den dokumentierten Ereigniszeitpunkt (Grablasbach) vom 28.07.2006 um ca. 16:30 Uhr