Climate-induced system status changes at slopes and their impact on shallow landslide susceptibility - the C3S-ISLS Project

Thomas Zieher[1,2], Martin Rutzinger[2], Gertraud Meißl[1], Clemens Geitner[1], Frank Perzl[3], Gerhard Markart[3], Herbert Formayer[4]

(1) Institute of Geography, University of Innsbruck
(2) Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences
(3) Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape
(4) Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Applied Sciences

17. Österreichischer Klimatag
08.04.2016

Projekt C3S-ISLS

WP1: Projektmanagement

Stand: 3 Jahre
Kostenneutrale Verlängerung
Projektende: Jänner 2017

Untersuchungsgebiete

→ Dominiert von Flysch und Decken des Helvetikums

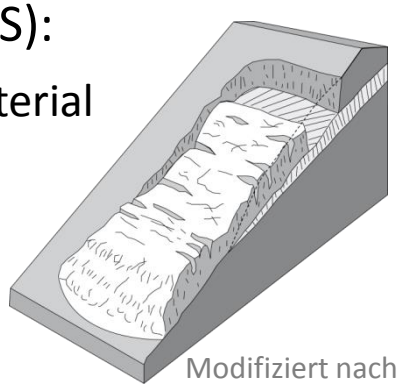
→ In etwa die Hälfte der Fläche der Untersuchungsgebiete ist zwischen 25-45° geneigt

→ Besonders von flachgründigen Rutschungen betroffen (Mai 1999, August 2005)

Datenquelle (Geologie): GBA

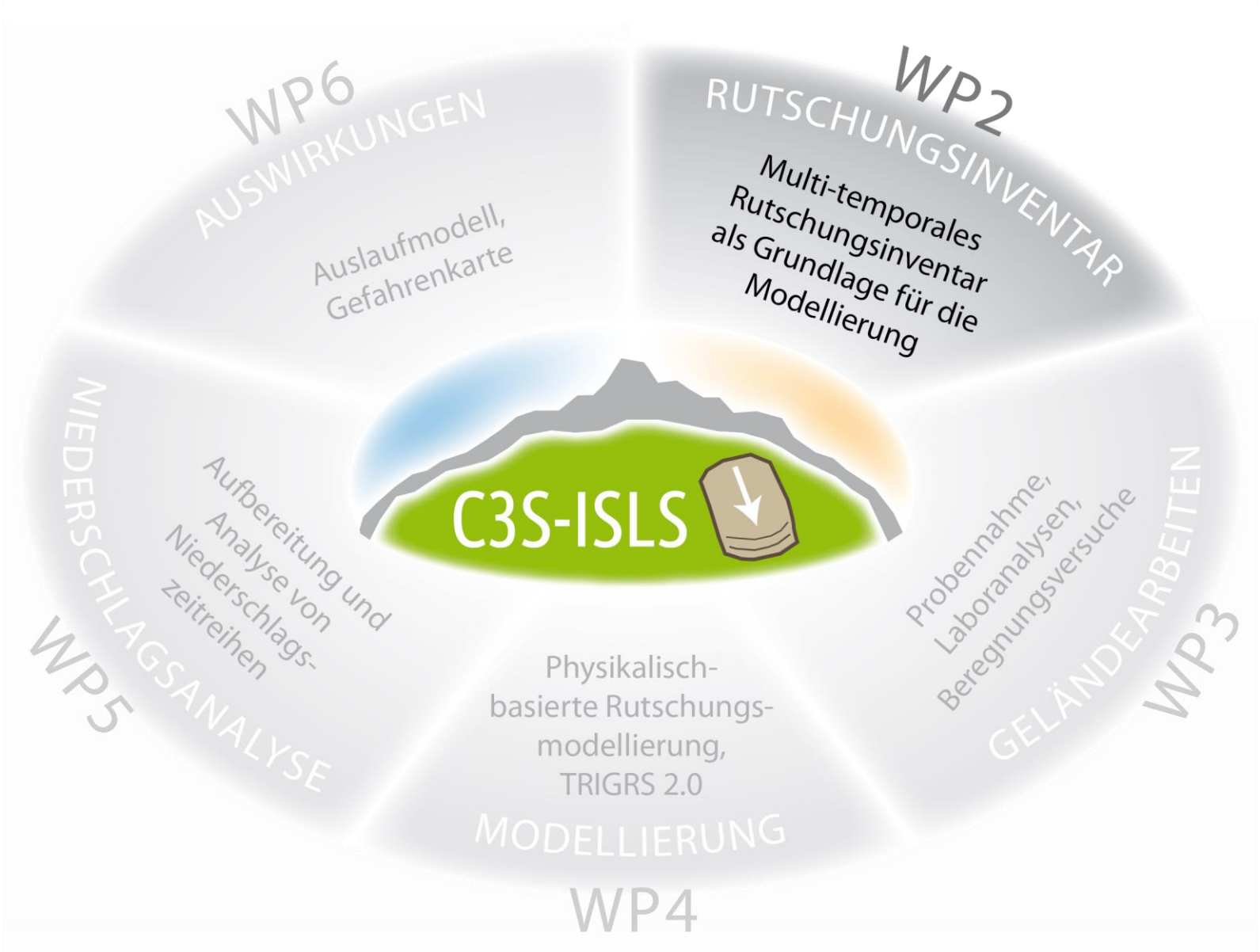
Flachgründige Rutschung (C3S-ISLS):

- Translationsrutschung im Lockermaterial
- Tiefe der Gleitfläche bis 2 m



Modifiziert nach Wieczorek & Snyder 2009

WP2 - Rutschungsinventar



Rutschungsinventar

Ziel: Erstellung eines umfassenden Rutschungsinventars

Statistische und heuristische Modelle: **verortete Rutschungen**

- Training/Validierung basiert auf Rutschungen aus der Vergangenheit
- „The past is the key to the future“

→ Rutschungskartierung in Orthophotoserien

Physikalisch-basierte Modelle: **verortete und datierte Rutschungen**

- Kalibrierung mit Ereignis-bezogenen Daten
- Validierung mit Ereignis-bezogenen Daten

+

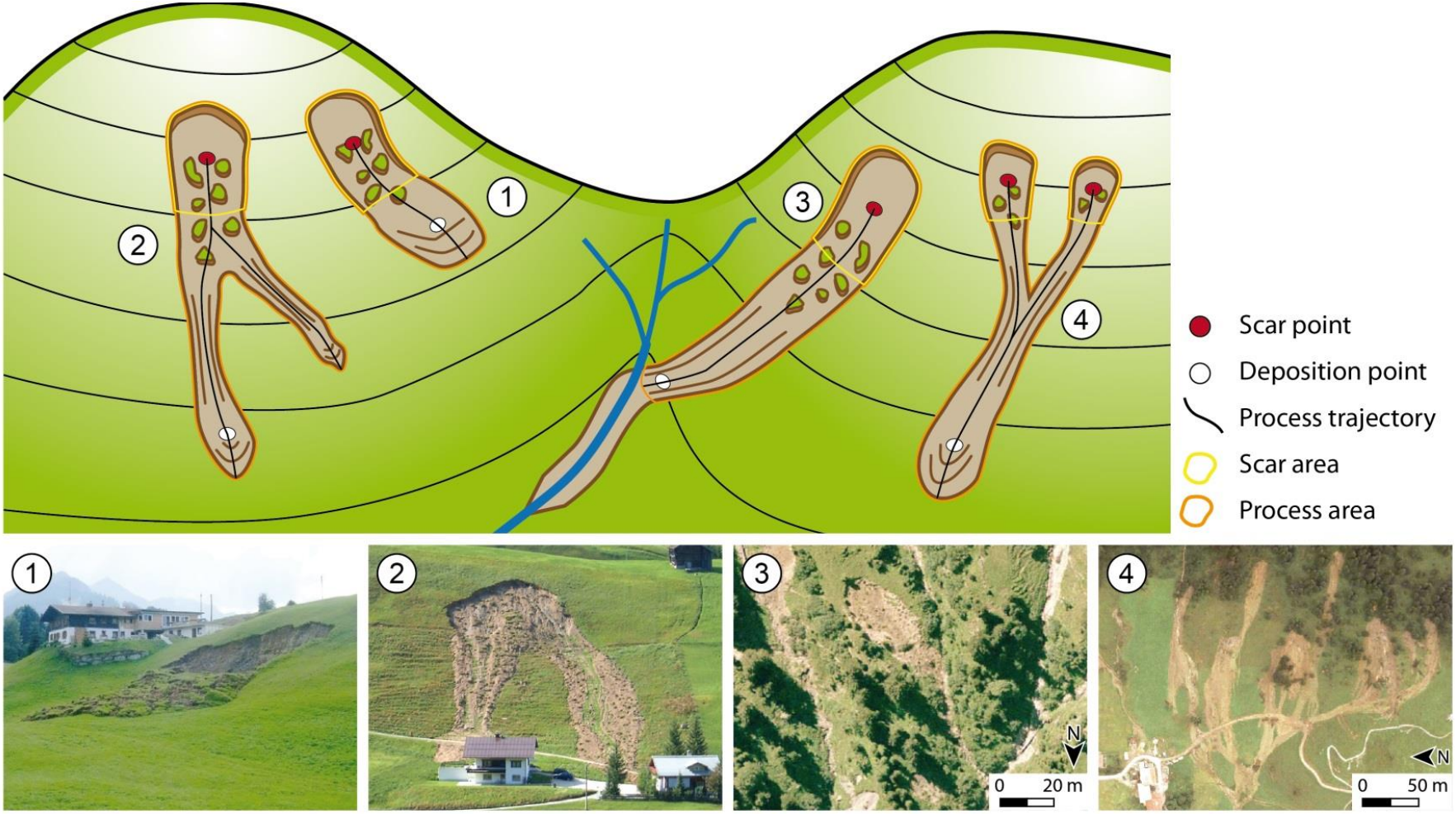
→ Exakte Verortung datierter Rutschungen (Archive)

→ Zuordnung verorteter Rutschungen zu einem auslösenden Ereignis

Datengrundlage: 9 Orthophotoserien (1950er bis 2012)

Zusätzlich: 2 ALS-Befliegungen, Geländeaufnahmen (BFW), Archive (GEORIOS, WLV, BFW)

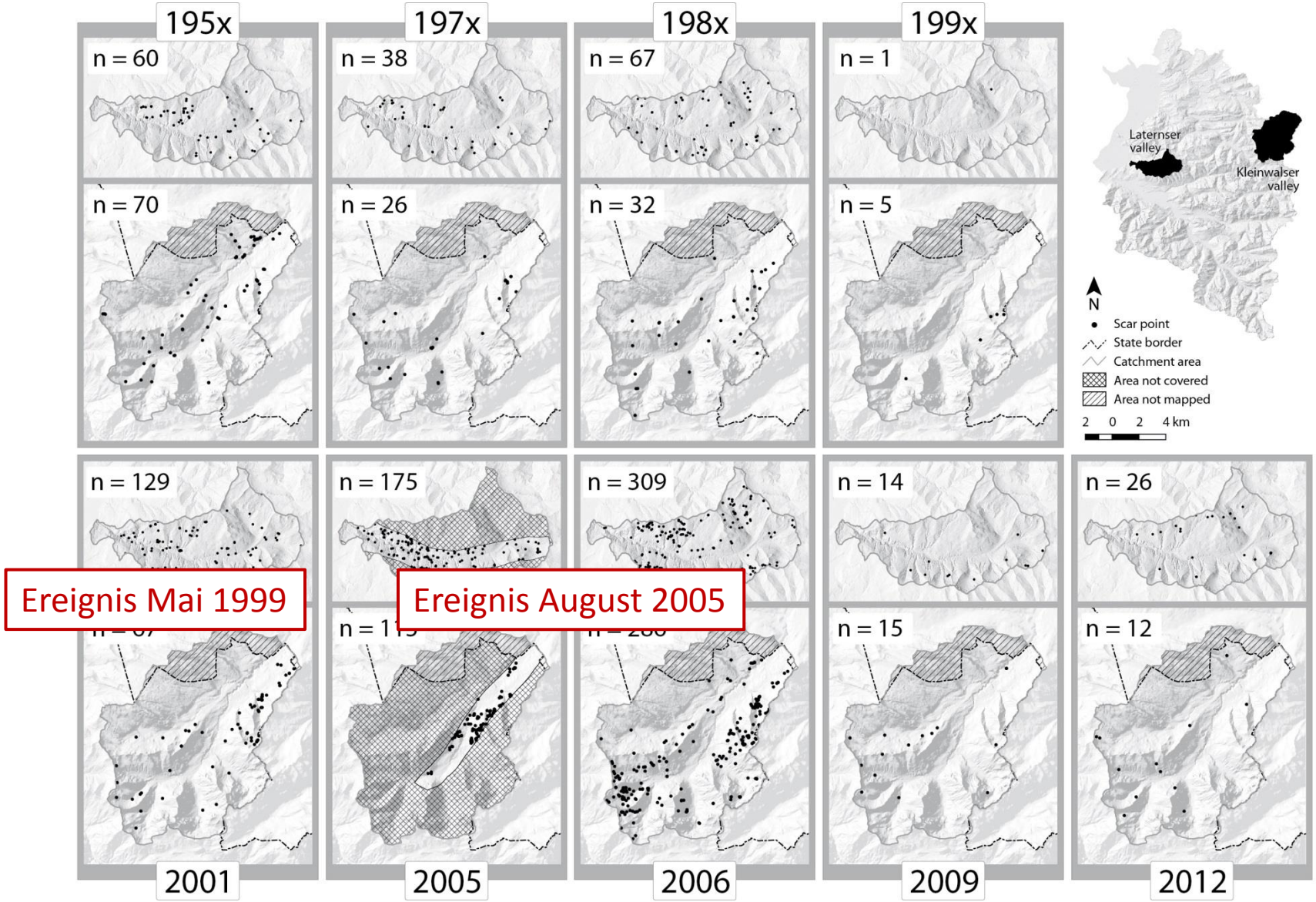
Datenmodell Rutschungsinventar



Zieher et al. 2016

Zieher, T.; Perzl, F.; Rössel, M.; Rutzinger, M.; Meißl, G.; Markart, G. & Geitner, C. (2016), 'A multi-annual landslide inventory for the assessment of shallow landslide susceptibility - Two test cases in Vorarlberg, Austria', *Geomorphology 259, 40 - 54.*

Mehrjährliches Rutschungsinventar



Zieher et al. 2016 (modifiziert)

WP3 - Geländearbeiten

Geländekampagne 2013

Ziel: Erhebung der nötigen Parameter für die physikalisch-basierte Modellierung

Probennahme Laternsertal:

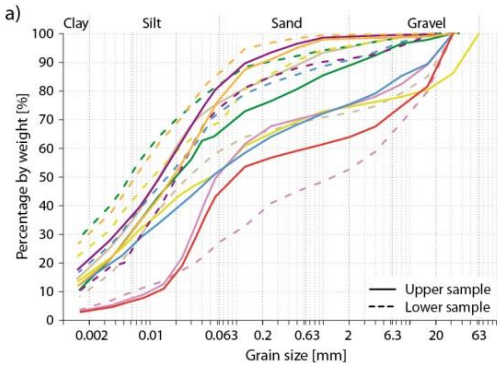
- An bestehenden Rutschungsanrissen: 1999 (1x), 2005 (6x), 2013 (2x)
- Jeweils 2 Horizonte mit Stechzylinder-Proben und gestörter Probe

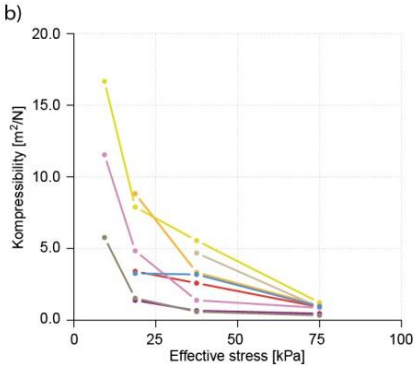
Korngrößenverteilung (a),
nat. Wassergehalt,
nat. Dichte, Trockendichte

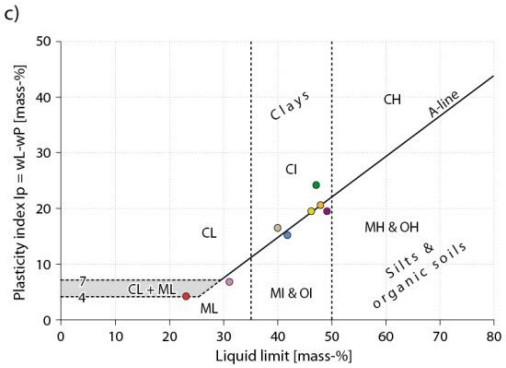
Foto: Thomas Zieher

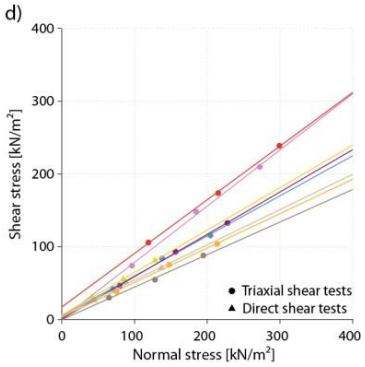
Kompressibilität (b), Korndichte,
hyd. Leitfähigkeit, Plastizität (c)

Triaxialversuche,
Rahmenscherversuche (d)









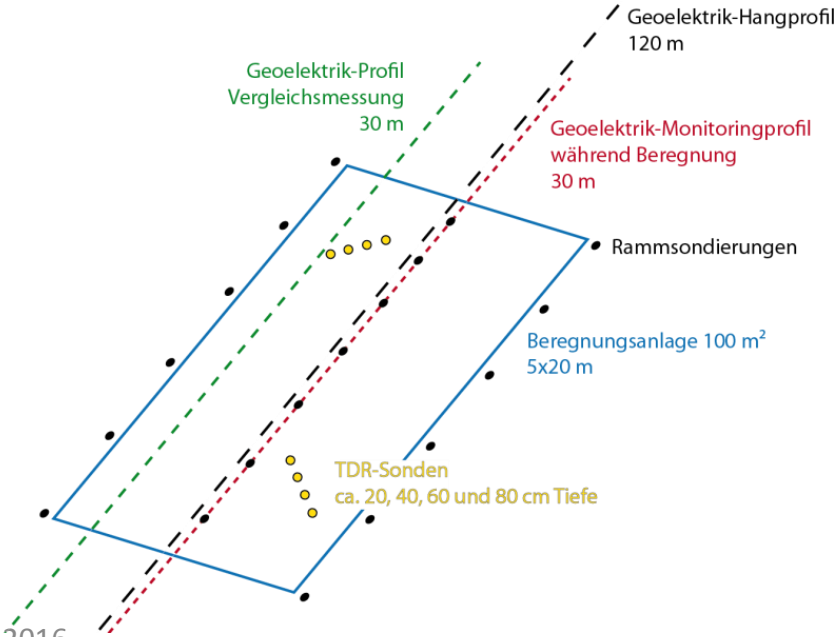
Geländekampagne 2014

Ziele: - Erfassen der Lockermaterialmächtigkeit
- Modellvalidierung

→ Rammsondierungen entlang von Transekten

→ Dauerberegnungsversuche

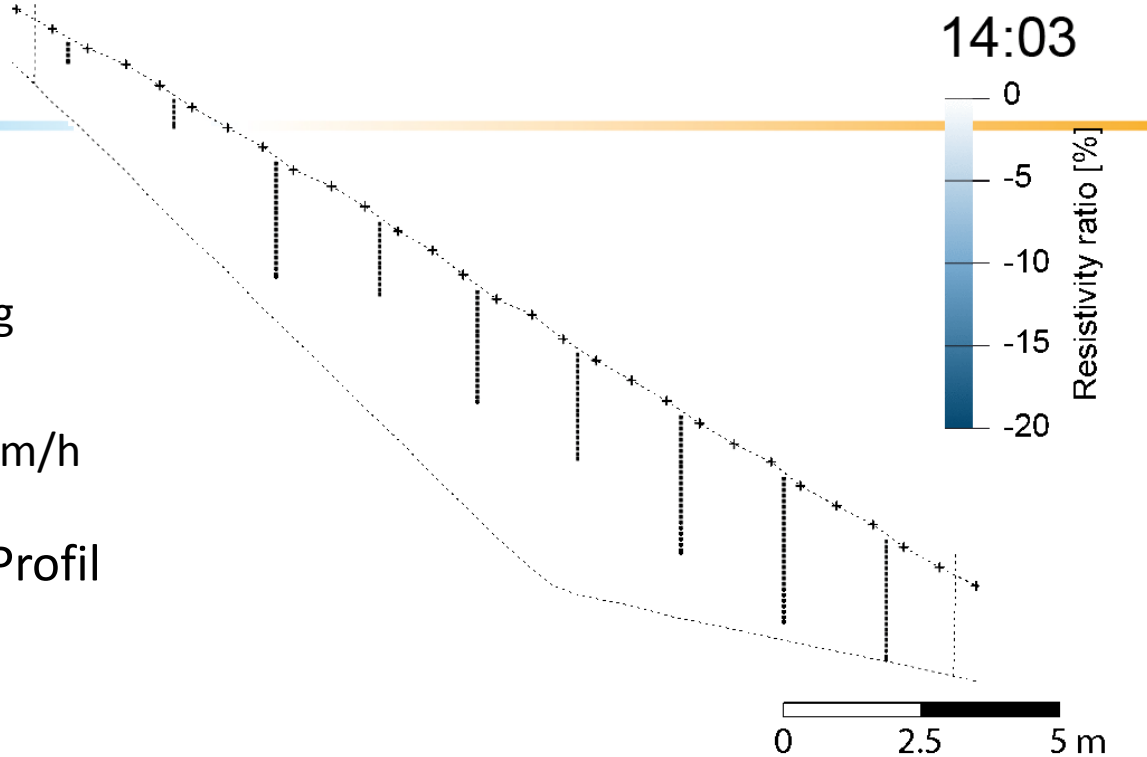
→ Monitoring mit Geoelektrik

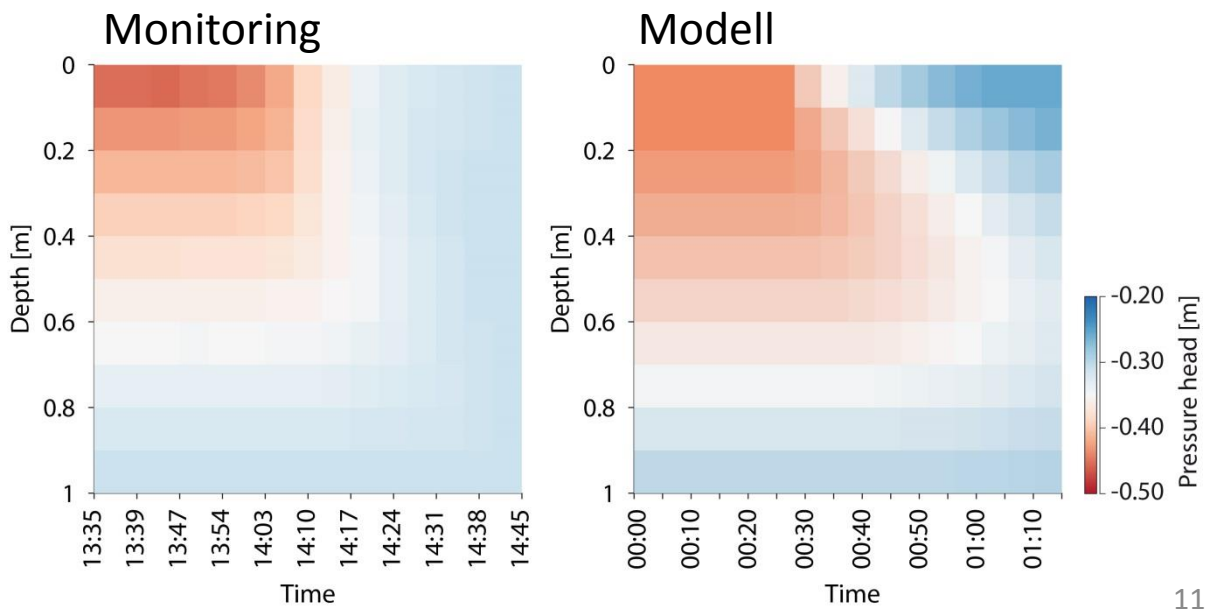


Fotos: Thomas Zieher

Geländekampagne 2014

- Dauerberegnungsversuche
  - Rutschungsanfälliger Hang
  - 100 m² (20 x 5 m)
  - Intensität (konst.): 27.5 mm/h
- Monitoring mit Geoelektrik-Profil
  - Messung alle 7 min
  - Nach ca. 1h Tracer (NaCl)
- Bodenphysik
  - TDR-Sonden
  - Probennahme
- Rammsondierungen
  - Lockermaterialaufbau
  - Plausibilisierung ERT





WP4 - Modellierung

Modellierung – TRIGRS 2.0 (USGS)

Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis

Gekoppeltes hydrologisch/ geomechanisches dynamisches Modell

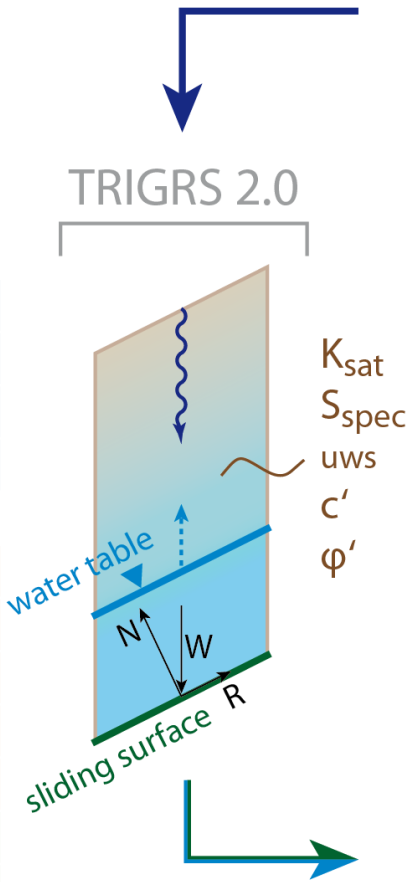
Parameter:

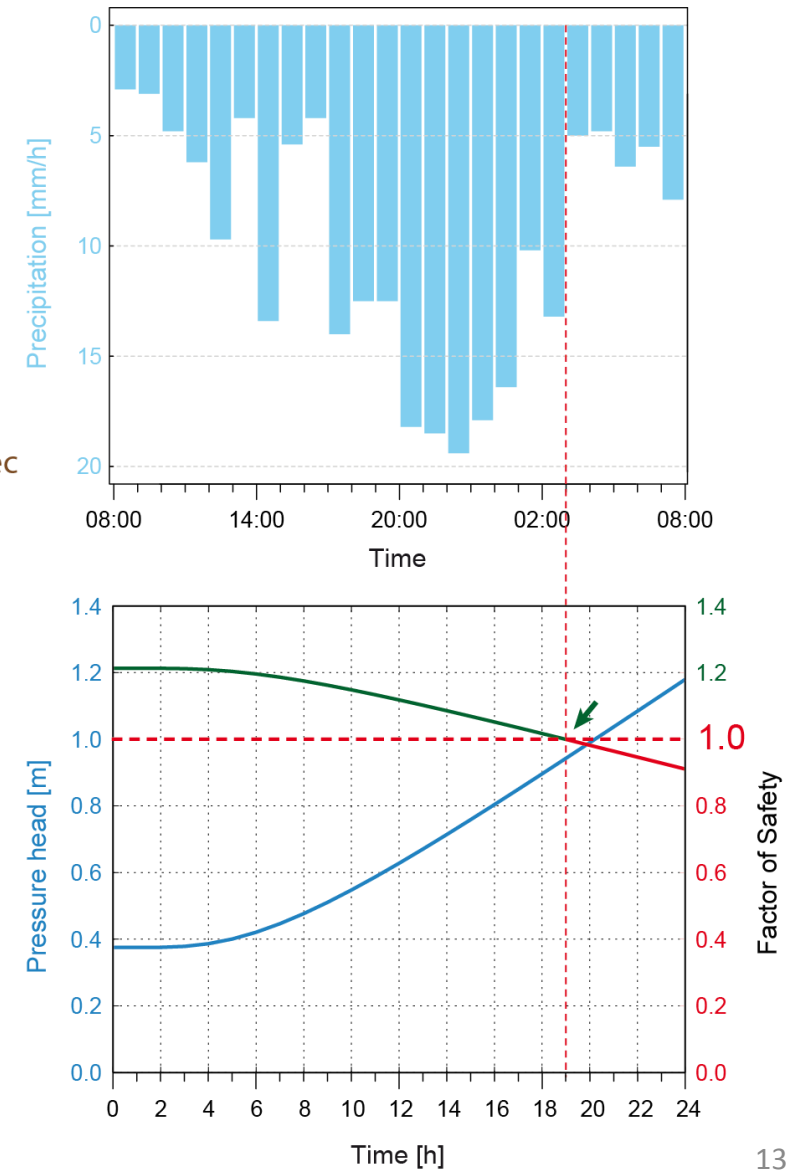
Hydraulische Leitfähigkeit*
Spezifischer Speicherkoeffizient*
*Initialer Hangwasserspiegel***
*Niederschlag***

*Hangneigung***
*Regolithmächtigkeit***
Innerer Reibungswinkel*
Kohäsion*
Wichte
Durchwurzelungskohäsion
Vegetationsauflast
Durchwurzelungstiefe

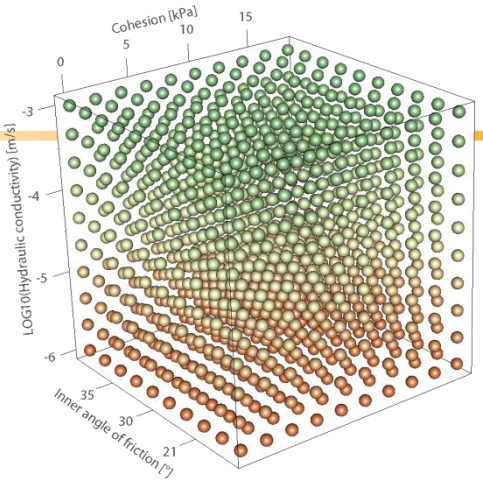
*sensitive Parameter

**Gegebene Parameter/Szenario

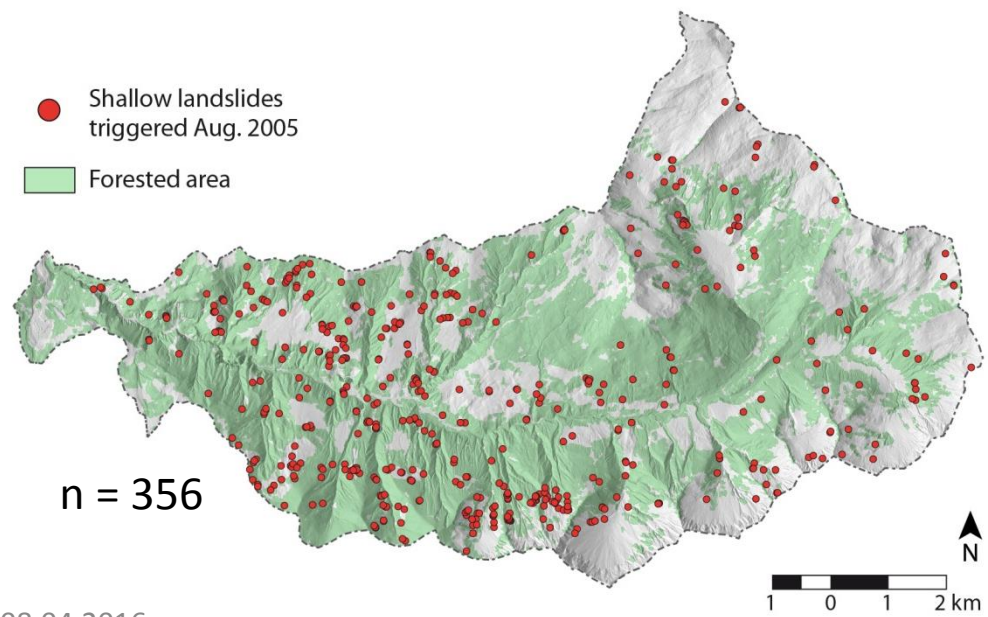




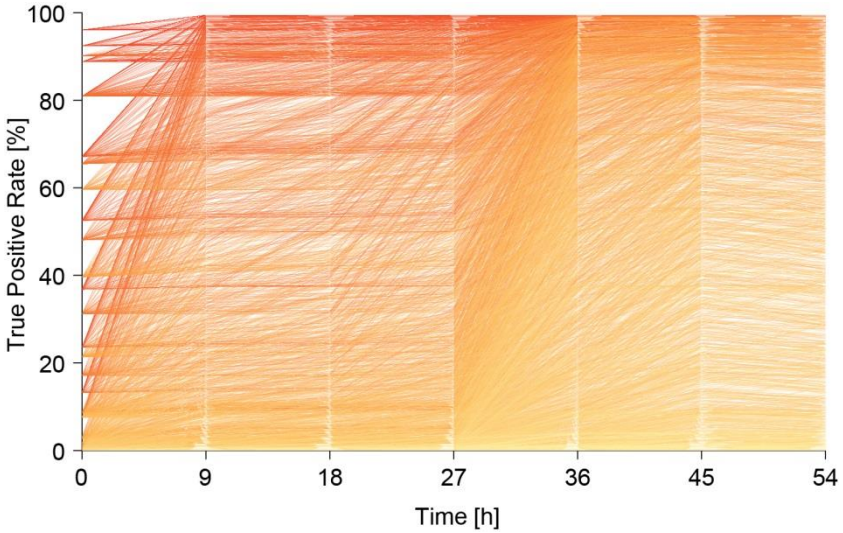
Modellkalibrierung



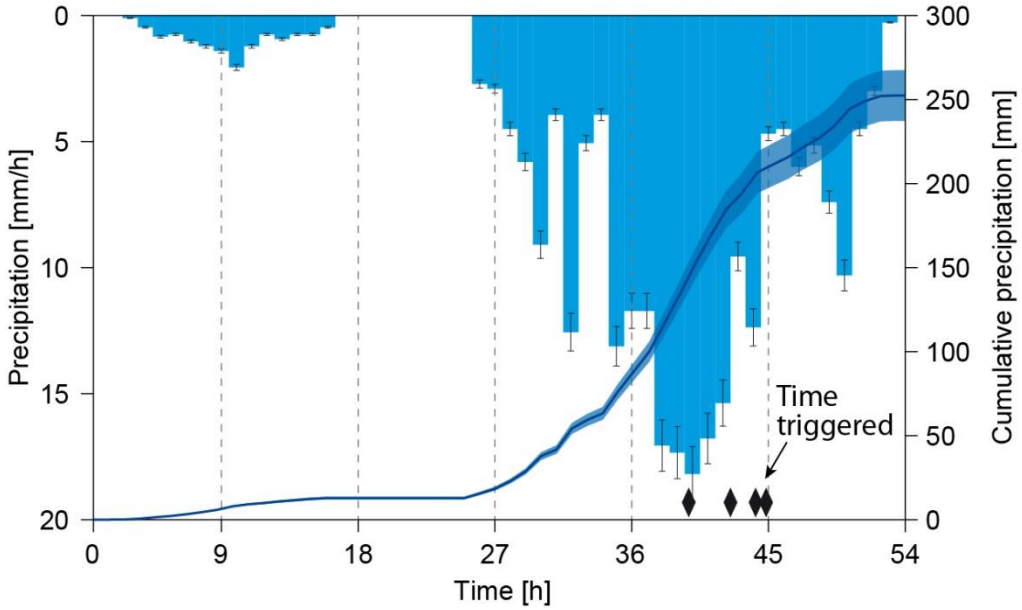
- Niederschlagsereignis 22./23. August 2005 für Kalibrierung
- Spannweiten der vier sensitiven Parameter abgeleitet aus Laborversuchen und vorhandenen Daten
  → Jeweils 10 diskrete Abstufungen
- Simulationen mit allen Parameterkombinationen (HPC)
  → Ausgabe von 7 Zeitschritten nach je 9h (gesamt 54h)

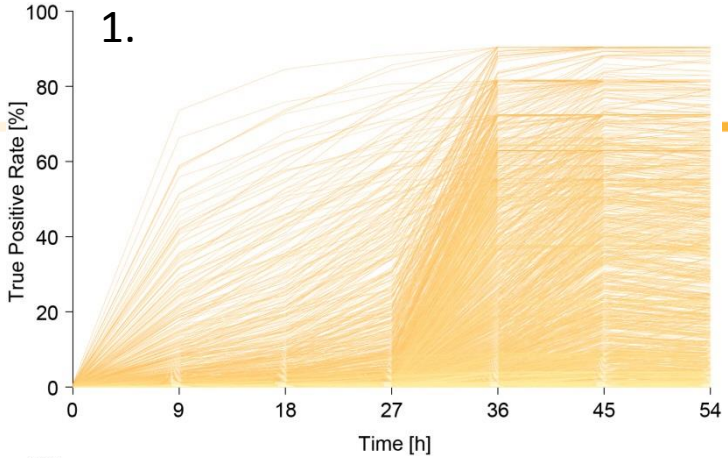


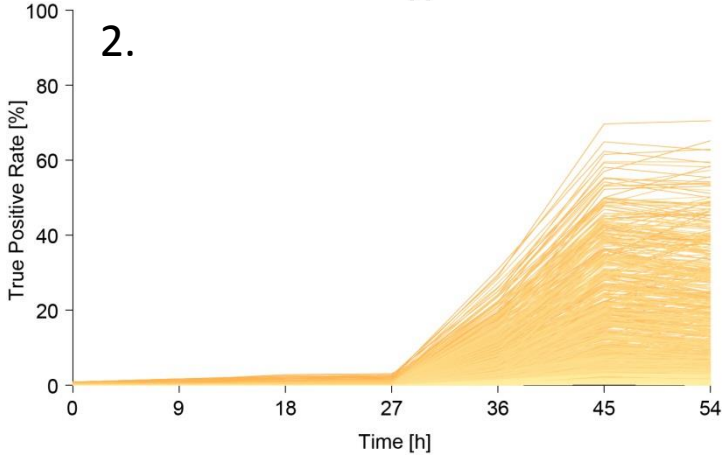
Vorhergesagte Rutschungen (10.000 zeitabhängige Durchläufe):

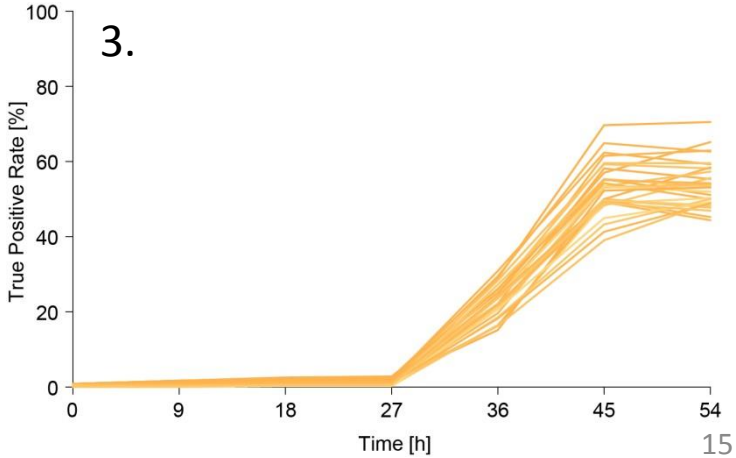


Modellkalibrierung - Plausibilisierung







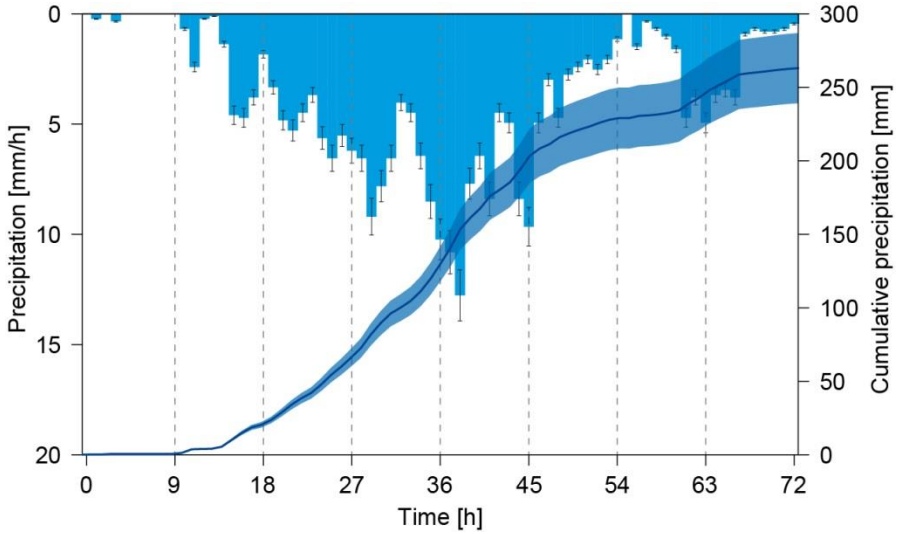


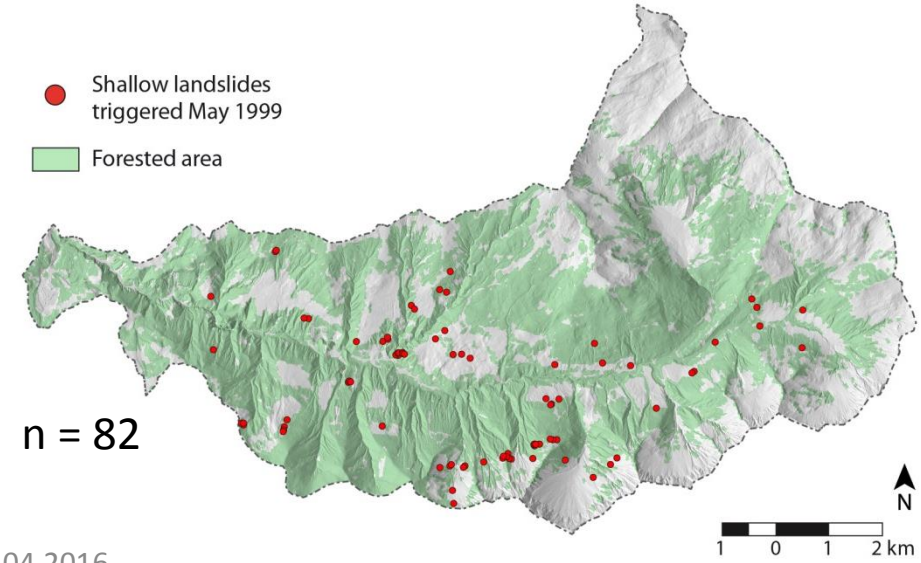
Beobachtungen:

1. Keine Rutschungen zum Zeitpunkt t = 0
2. Die meisten Rutschungen ereigneten sich nach der maximalen Niederschlagsintensität (36-45h)
3. Auswahl von Parameterkombinationen, die die meisten Rutschungen erklären (n = 30)

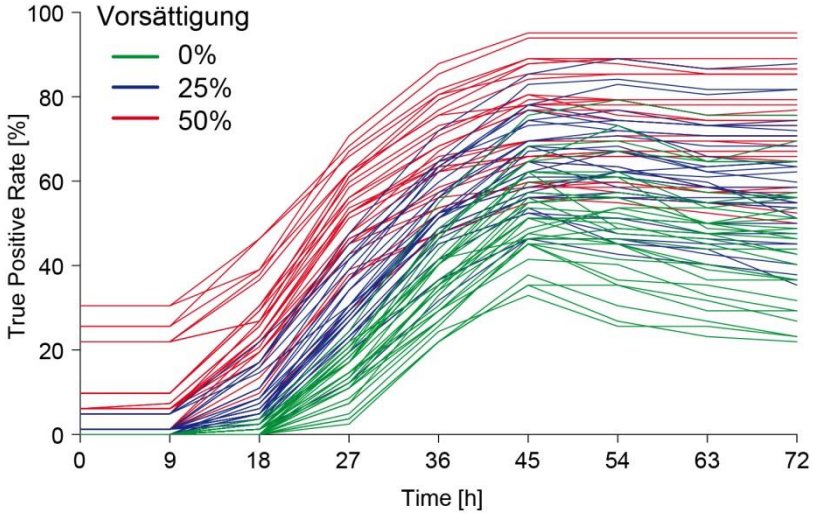
Validierung der Kalibrierung

- → Ensemble der besten 30 Parameter-kombinationen
- → Mit Niederschlagsereignis 21./22.Mai 1999 angetrieben
- → Die meisten Rutschungen nach maximaler Niederschlagsintensität vorhergesagt
- → Modell ausreichend kalibriert





n = 82

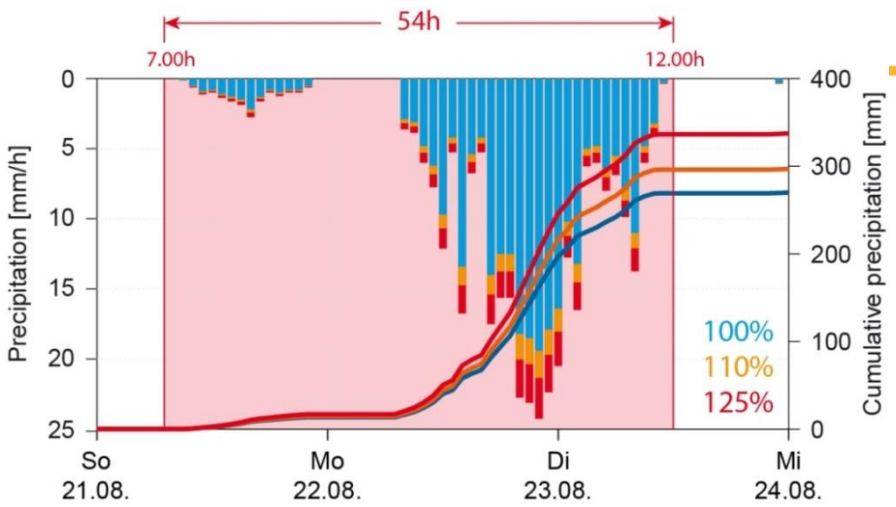


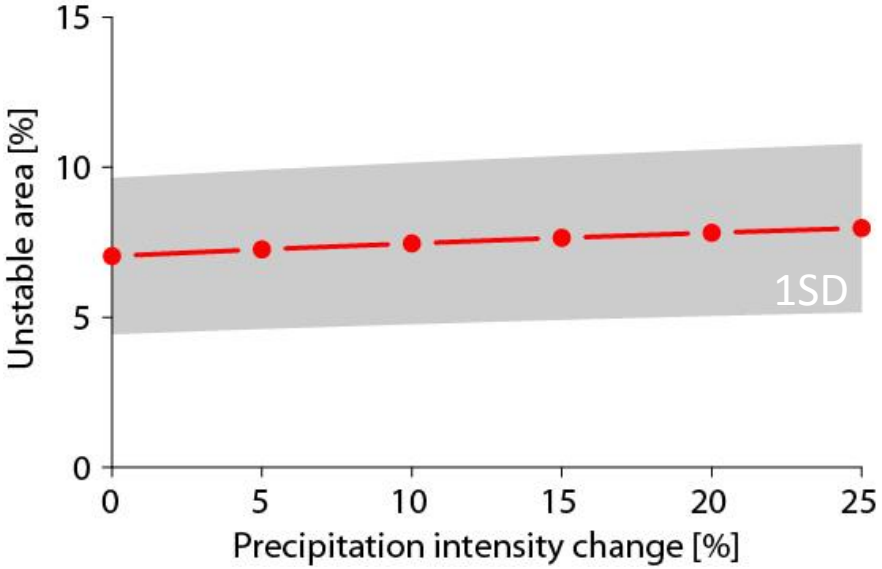
Sensitivitätsanalyse

→ Ensemble der besten 30 Parameter-kombinationen

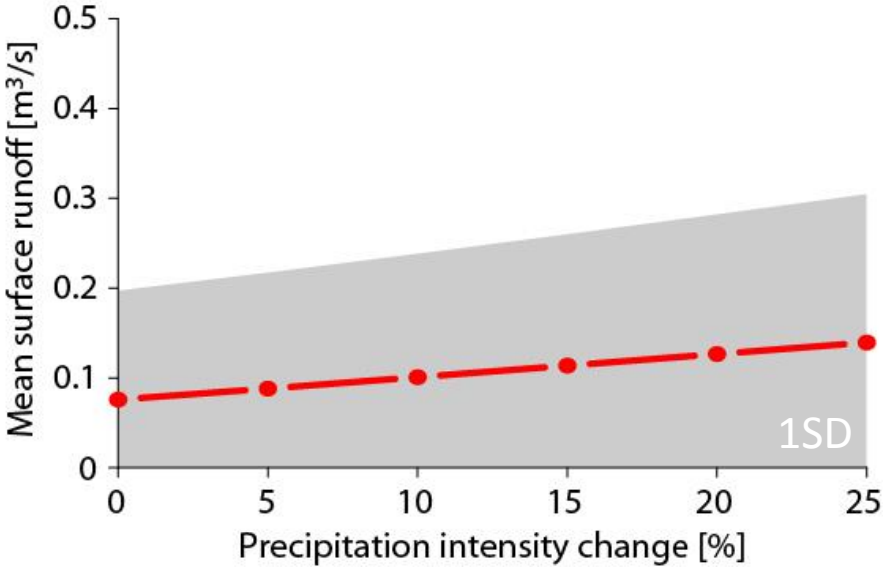
→ Angetrieben mit Ereignis August 2005
+ Erhöhung des Niederschlagsinputs

→ Quantifizierung der Veränderung der Rutschungsanfälligkeit





→ Keine signifikante Änderung der Rutschungsanfälligkeit



→ Tendenzieller Anstieg des Oberflächenabflusses

WP5 – Niederschlagsanalyse

Niederschlagsschwellenwerte

Kombination aus Intensität und Dauer eines Niederschlagsereignisses, ab der mit der Auslösung flachgründiger Rutschungen zu rechnen ist

(e.g., Caine 1980)

Verortung datierter Rutschungen

→ Daten der Agrarbezirksbehörde (ABB)

→ Bestehende Archive (GBA, WLV, BFW)

→ i.d.R. Verortung der Ablagerung!!

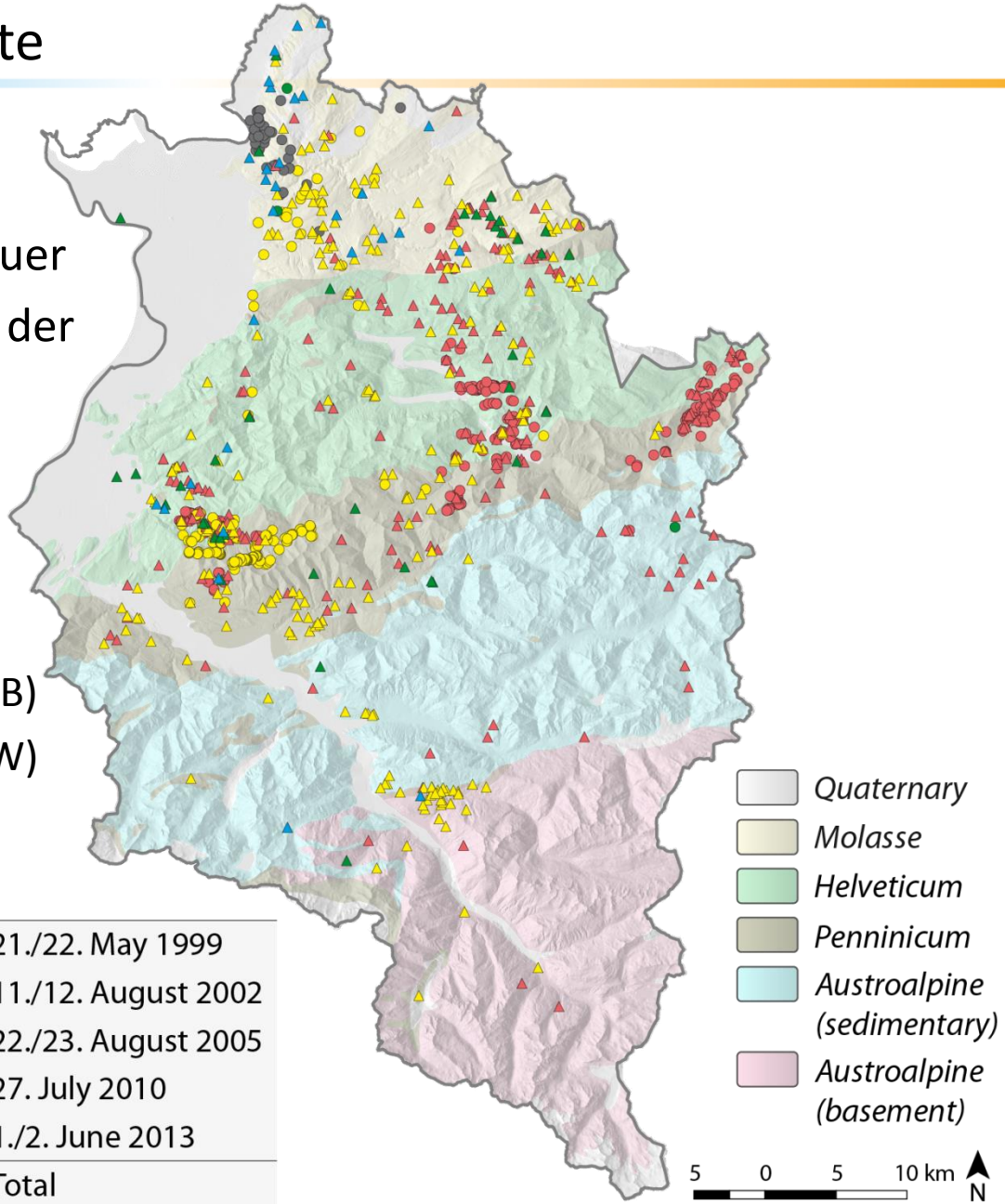
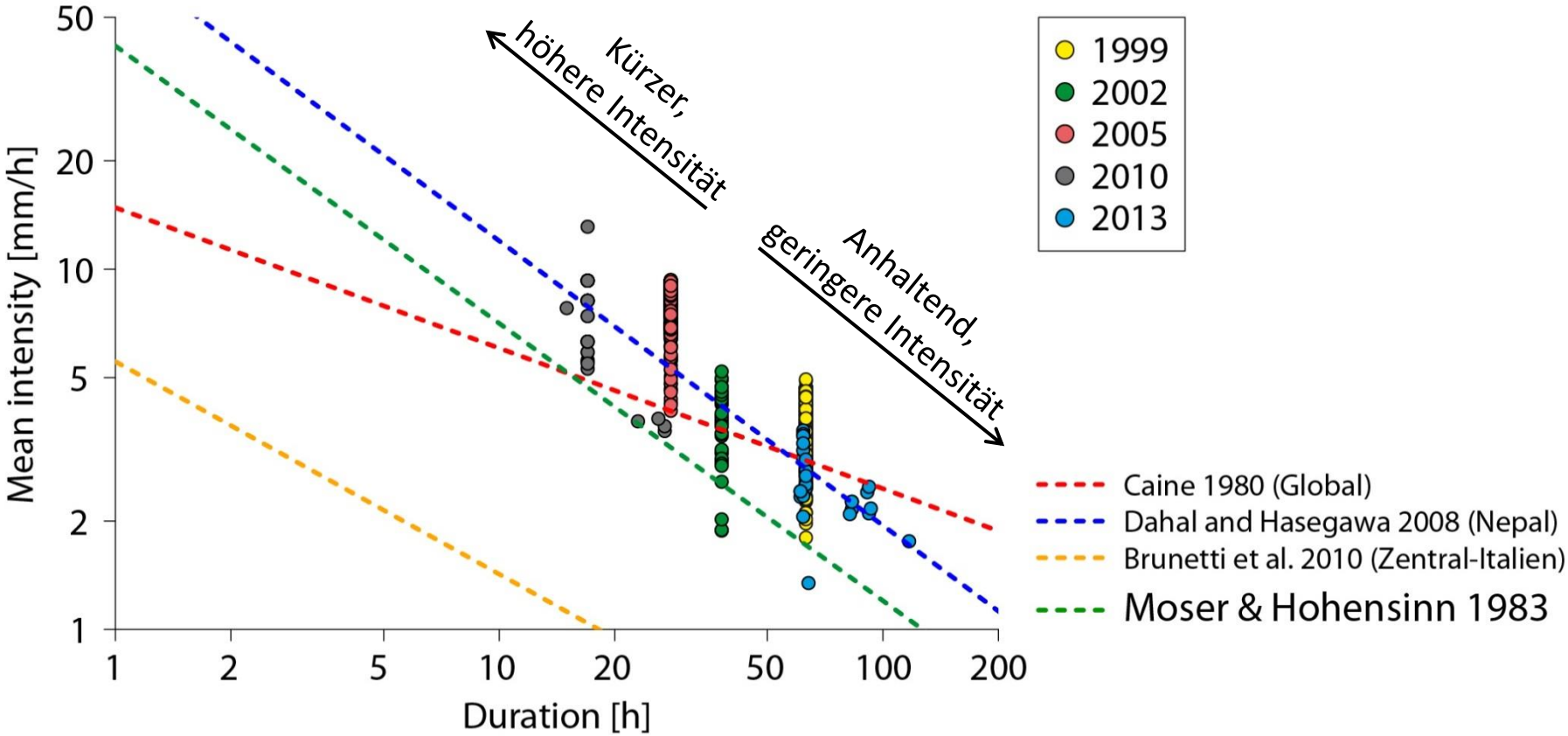


ABB	n	C3S	n	
△	219	○	171	21./22. May 1999
▲	38	●	3	11./12. August 2002
▲	207	●	253	22./23. August 2005
		●	36	27. July 2010
△	29			1./2. June 2013
	493		463	Total

Datenquelle (Geologie): GBA

Niederschlagsschwellenwerte



→ Gute Übereinstimmung mit publiziertem I-D-Zusammenhang von Moser & Hohensinn (1983)

→ Untersuchung im Raum Osttirol/Kärnten: $I = 41.66 * D^{-0.77}$

Fazit

Rutschungsinventar

→ Sehr viel mehr Rutschungen kartiert, als erwartet…

→ Einheitliche Standards wären notwendig

Das Modell TRIGRS 2.0 ist in der Lage, die relevanten Prozesse abzubilden

→ Im kontrollierten Feldversuch (Hydrologie)

→ Auf Einzugsgebiets-Maßstab für Niederschlagsevents

Den Ergebnissen des kalibrierten Modells TRIGRS 2.0 zufolge

→ Keine signifikante Änderung der Rutschungsanfälligkeit durch Zunahme der Niederschlagsintensität bei Extremereignissen im Laternsertal feststellbar

→ Stattdessen Erhöhung des Oberflächenabflusses

→ Niederschlagsintensität bei Extremereignissen bereits an der Infiltrationskapazität

Niederschlagsschwellenwerte der untersuchten Niederschlagsevents

→ Langanhaltende Niederschläge von 1-3 Tagen

→ Stimmen mit regionalen Ergebnissen von Moser & Hohensinn (1983) überein

Kontakt

Thomas Zieher
Institut für Geographie, Universität Innsbruck
thomas.zieher@uibk.ac.at
+43 512 507 54048