

The background image shows a historic building with a clock tower, likely the University of Jena. The building is made of light-colored stone and has a dark roof with a clock tower featuring two clock faces. There are many windows with white frames. Large trees with green and yellowing leaves are in the foreground and background. A stone wall with a metal railing is in the lower foreground.

Open-Source-Geoprozessierung: Anwendungen in der Naturgefahrenforschung

Raphael Knevels, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, FSU Jena

Gliederung

1 Open-Source Software für Geoprozessierung

2 Anwendungen in der Forschung

- Definition: Naturgefahr und Massenbewegung
- 1. Objektbasierte Bildanalyse zur automatisierten Erkennung von Erdrutschen
- 2. Event-basierte Modellierung von Hangrutschungen
- 3. Modellierung regionaler Schuttstrom-Abflüsse
- 4. Analyse zur Kulturlandschaftsentwicklung

*kurz angerissen
bzw. falls die Zeit noch reicht*

ausführlich

3 Fazit

4 Literatur

1 Open-Source Software für Geoprozessierung



1 Open-Source Software für Geoprozessierung

- **Proprietär – Frei – Open-Source (quelloffen)**

- Proprietäre Software ist im Besitz des Entwicklers (z.B. Softwarefirma) und wird durch eine meist kostenpflichtige Lizenz an den Nutzer weitergegeben; Quellcode kann i.d.R. nicht eingesehen oder verändert werden
- Bei Freier und Open-Source-Software ist der Quellcode offengelegt, „Frei“ ist nicht mit „kostenlos“ zu verwechseln, unterschiedliche Lizenzmodelle

- **Freie Software**

- Idee basiert auf dem Freiheitsgedanken, nicht auf der Frage, ob Software kostenlos ist.
- Freie Software ist eine Frage der Freiheit des Nutzers, Software auszuführen, zu kopieren, zu verbreiten, zu untersuchen, zu ändern und zu verbessern



- **Open-Software**

- Definition von Open-Source-Software der Open Source Initiative (OSI) stimmt weitgehend mit der Definition freier Software überein, ist sogar von ihr abgeleitet
- Der Open-Source-Gedanke ist weniger ethisch-sozial motiviert und stellt den praktischen Nutzen der Quellfreiheit in den Vordergrund



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/OpenSource.svg>

STEINIGER & BOCHER 2009; COETZEE et al. 2020

1 Open-Source Software für Geoprozessierung

- Open-Source-Software für **Geodaten** umfasst eine breite Palette von Bibliotheken, Werkzeugen, Anwendungen und Plattformen, die unter verschiedenen Lizenzen der Open Source Initiative (OSI)
 - Wurzeln der Open-Source-Software für Geoprozessierung reichen bis in die frühen 1980er Jahre zurück
 - großen Anzahl von Open-Source-Softwarepaketen -> 2006 Schlüsselereignis:
 - Zusammenschluss mehrerer, führender Teams von Freien und Open-Source Geo-Softwareprojekten zur **Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)**
 - Im Bereich der Geoinformatik-Software unterstützt OSGeo die Entwicklung und Verbreitung von geprüften und ausgereiften Open-Source-Softwarepaketen
- **Desktop GIS** (GRASS GIS, QGIS),
Geospatial Libraries (GDAL/OGR, PROJ, GEOS),
räumliche Datenbanken (PostGIS),
Web-based GIS (MapServer, OpenLayers)



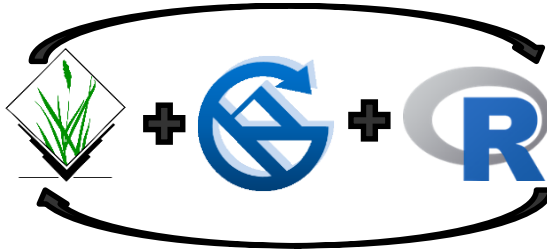
<https://wiki.osgeo.org/w/images/8/8b/OSgeo-logo.png>



https://wiki.osgeo.org/w/images/5/52/OSgeolive_wordle.png

STEINIGER & BOCHER 2009; COETZEE et al. 2020

1 Open-Source Software für Geoprozessierung



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Grass_GIS.svg/1200px-Grass_GIS.svg.png
<https://repositorio.com/media/unknown/none/unknown/saga.png>
<https://www.r-project.org/Rlogo.png>

- **GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System):**
 - 1982 als US Militär Software für Landmanagement und Umweltplanung
 - 1999 unter GNU GPL Lizenz verfügbar
 - Analyse, Visualisierung, Modellierung und Simulation in > 350 Modulen
 - C, Shell, Tcl/Tk, Python
- **SAGA GIS (System for Automated Geo-Scientific Analysis):**
 - 2001, ursprünglich Universität Göttingen, physische Geographie
 - Analyse, Modellierung, v.a. Reliefanalyse
 - C++; LGPL(API), GPL Lizenz
 - > 300 Module
- **R** mit Paketen zur Verarbeitung räumlicher Daten (*raster, sf, sp, spdep, RSAGA, rgrass7, rgdal, rgeos, usw.*)
- Unterschiede zwischen Versionen, daher Versionsnummer angeben STEINIGER & BOCHER 2009; COETZEE et al. 2020

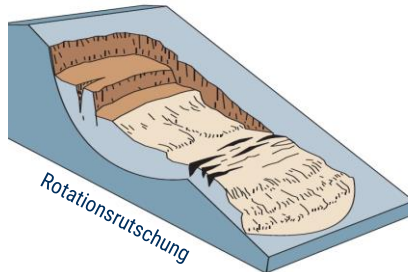
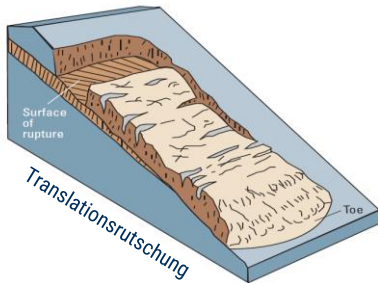
2 Anwendungen in der Forschung



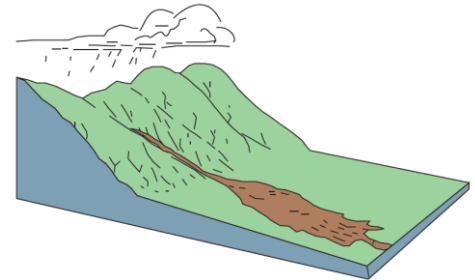
2 Definition: Naturgefahr und Massenbewegung

- **Naturgefahr** ist definiert als „die Auftretenswahrscheinlichkeit eines potentiell schadensbringenden Ereignisses in einer bestimmten Zeit und in einem definierten Raum“ DIKAU & GLADE 2001: 43
- **Gravitative Massenbewegungen** sind „hangabwärts gerichtete Bewegungen von Fels- und/oder Lockergesteinen unter der Wirkungen von Schwerkraft“ (engl. mass movements oder landslides) DIKAU & GLADE 2001: 42

Rutschungen (engl. slides)



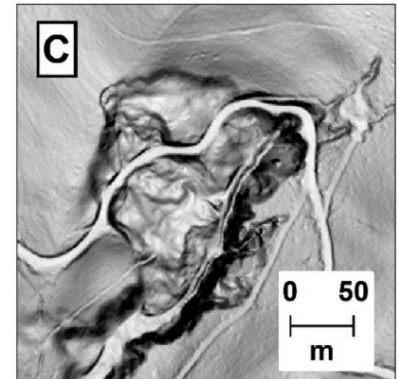
Schuttstrom (engl. debris flow)



HIGHLAND & BOBROWSKY 2008: 11, 13, 17

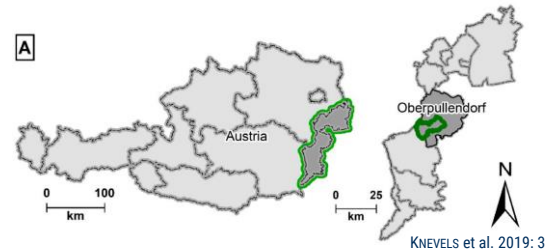
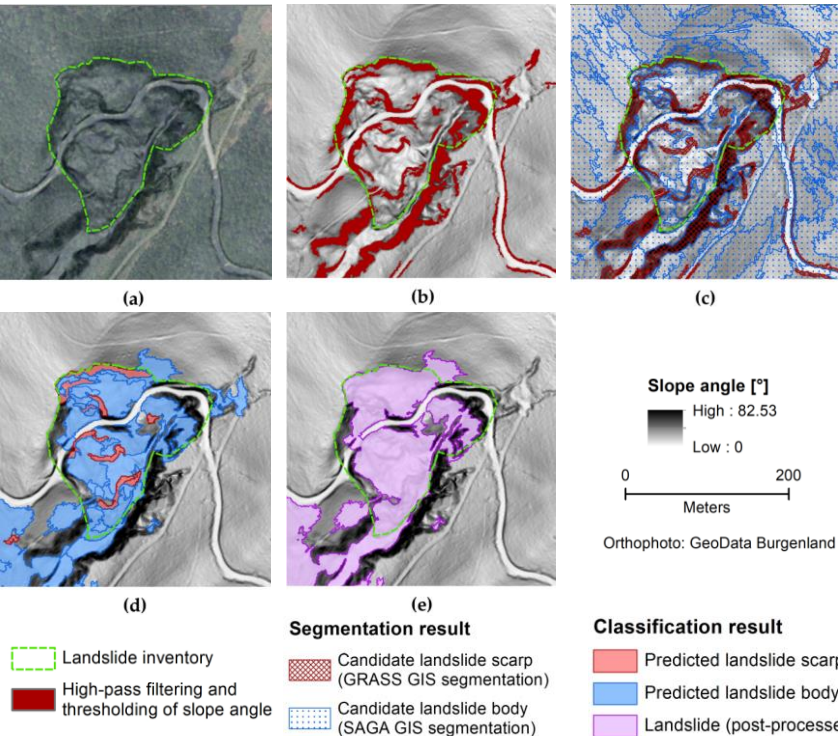
Page 10

- 



FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

2.1 Objektbasierte Bildanalyse zur automatisierten Erkennung von Erdrutschen



- Inventarisierung** erkennbarer Rutschung in Hangneigungskarte
- High-pass Filterung der Abrisskante
- Segmentierung** mit SAGA und GRASS GIS
- Getunte *Support Vector Machine* **Klassifizierung** mit Landoberflächenparameter, Texturen und Landschaftsmetriken inkl. Nachbarschaftsbeziehung als Prädiktoren
- Regelbasierte post-Prozessierung

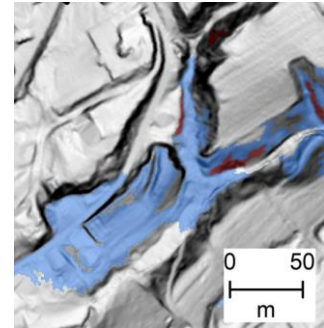
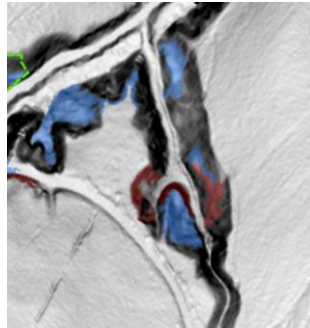
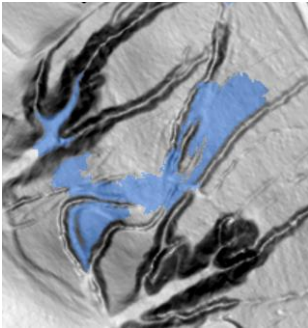
KNEVELS et al. 2019: 11

2.1 Objektbasierte Bildanalyse zur automatisierten Erkennung von Erdrutschen

➤ moderate Übereinstimmung

- Cohens Kappa von 0.42-0.48
- 69% korrekte Übereinstimmung mit Inventar
- aber entspricht Ergebnissen von Studien mit proprietärer Software (z.B. *Trimble eCognition*)

- Generell, erfolgreichere Erkennung großer Rutschungen mit deutlicher geomorphometrischer Signatur
- **Falsch-positive** v.a. Waldfurchen-/wege, fluvial erodierten oder bebauten Bereichen
- Ergebnisobjekte teils grob und unpräzise



KNEVELS et al. 2019: 17

➤ gute Entscheidungsunterstützung, aber manuelles Digitalisieren (noch) notwendig

2.2 Event-basierte Modellierung von Hangrutschungen

- Juni 2009 (und 2014) extrem Niederschlag
 - 100 mm in 24 h, „**50-jährliches Ereignis**“
 - > 3000 Rutschungen, > 13,4 Mio. € Schaden
 - **Katastrophenzustand** ausgerufen



- Vorort **Inventarisierung** verschiedener Institutionen, u.a. Institut für Militärisches Geowesen (**IMG**) und Geologische Bundesanstalt (**GBA**)



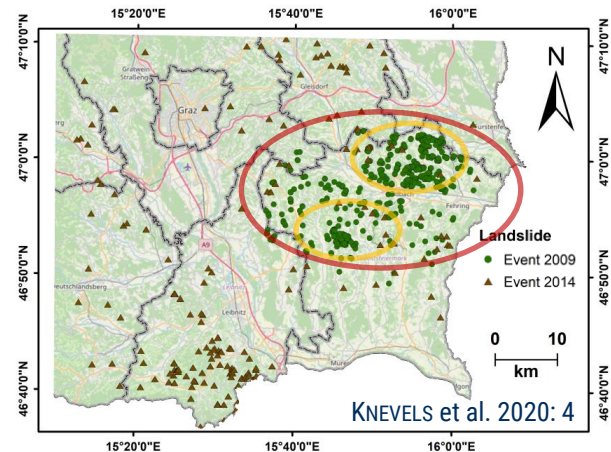
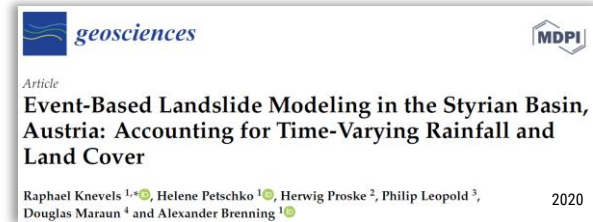
Hornich & Adelwöhrer 2010: 459f.



KNEVELS et al. 2020: 4

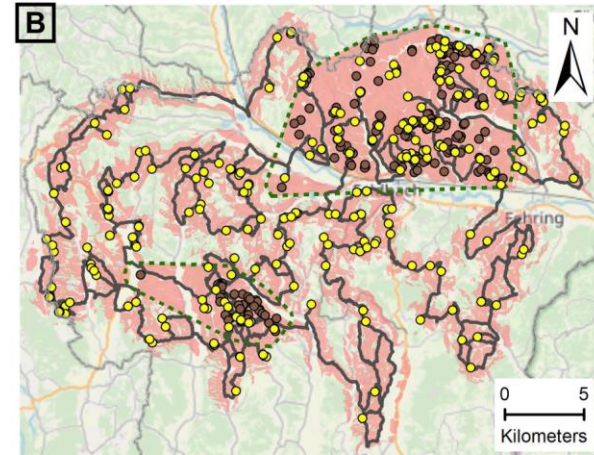
2.2 Event-basierte Modellierung von Hangrutschungen

- **Ziel:** Zusammenhang zwischen Niederschlag, Landnutzung und dem lokalen Auftreten von Hangrutschungen mithilfe einer statistischen Modellierung (Generalisierte Additive Modell, GAM)
- **Herausforderung:** Methodik verlangt zuverlässige und belastbare Zufallsstichprobe für „Abwesenheitspunkte“
 - Gebietsabgrenzung, räumliche Autokorrelation, usw.
- **Ausgangslage:**
 - IMG-Inventarisierung basierend auf Schadensereignissen, geocodierte Adressen abgefahren, Aufnahme von zufällig entdeckten Rutschungen
 - Nachfolgende Inventarisierung durch GBA für zwei Fokusregionen als „lückenlose“ Untersuchung



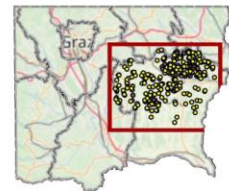
2.2 Event-basierte Modellierung von Hangrutschungen

- Gebietsabgrenzung basierend ...
 - ✓ auf GBA-Inventar: Konvexe Hülle
 - ❖ auf IMG-Inventar: ?
- **Annahme für IMG:**
 - Bereich um abgefahrene Strecke ist vollständig erfasst
 - jede Rutschung wurde einmal besichtigt
 - kürzeste Route
- **Vorgehensweise:**
 1. Punktweise Fahrdistanz via *open source routing machine (osrm R-Paket, interner Server)*
 2. Kürzeste Strecke via *Traveling Salesman Problem (TSP R-Paket)*
 3. Abfahren der Strecke mit zwei erlaubten Alternativen je Rutschung
 4. Sichtfeldanalyse alle 200 m mit 1000 m Sichtweite via GRASS GIS
Werkzeug *r.survey.py* (BORNAETXEA et al. 2018)



Landslide event 2009

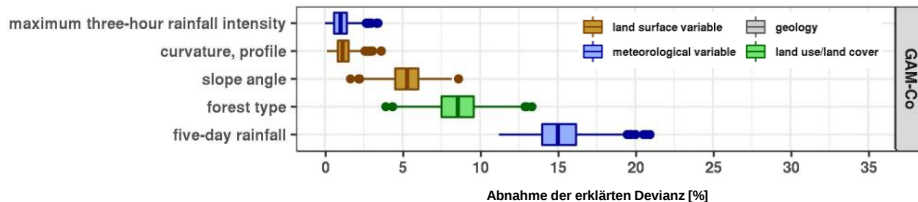
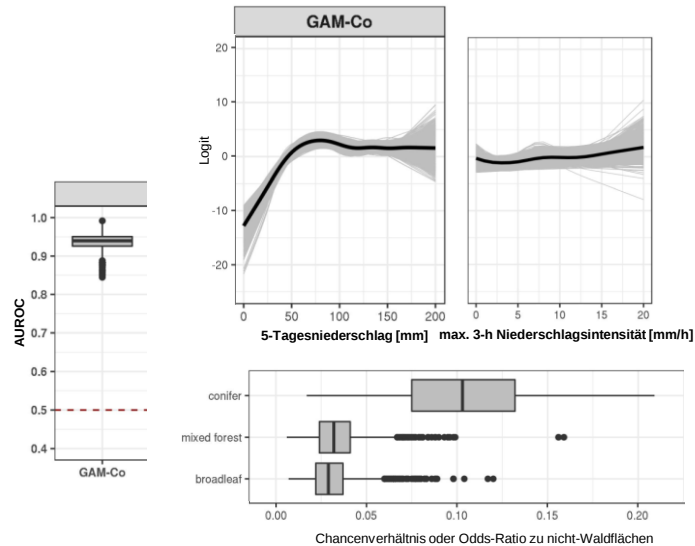
- IMG inventory
- GBA inventory
- Landslide-free mask
- Road network by TSP-OSRM
- Convex hull for focus areas
- Boundary, county



KNEVELS et al. 2020: 6f.

2.2 Event-basierte Modellierung von Hangrutschungen

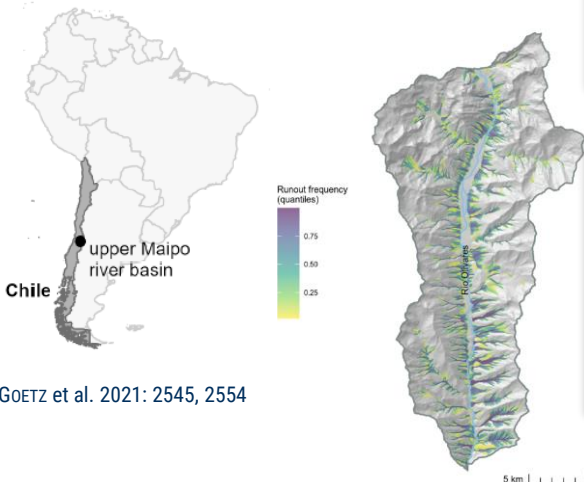
- ✓ Aufzeigen eines **(nicht-linearen) Zusammenhanges** zw. Hangrutschung und Prädiktoren (z.B. Niederschlag)
- ✓ **Räumliche Kreuzvalidierung** zeigt **sehr gute Performance**, Medianwert des AUROC's > 0,9
- ✓ 5-Tagesniederschlag, Landnutzung und Hangneigung sind **wichtige Variablen** zur Erklärung von Hangrutschungen



KNEVELS et al. 2020: 11-13

2.3 Modellierung regionaler Schuttstrom-Abflüsse

- Modellierung von Schuttstrom-Abflüssen auf Basis des **SAGA GIS** Tools **Gravitational Process Path**
- **runoptGPP** R-Paket auf github



GOETZ et al. 2021: 2545, 2554

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 2543–2562, 2021
<https://doi.org/10.5194/nhess-21-2543-2021>
© Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Natural Hazards
and Earth System
Sciences



Optimizing and validating the Gravitational Process Path model for regional debris-flow runout modelling

Jason Goetz¹, Robin Kohrs¹, Eric Parra Hormazábal², Manuel Bustos Morales³, María Belén Araneda Riquelme³, Cristián Henríquez², and Alexander Brenning¹

¹Department of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany

²Institute of Geosciences, University of Potsdam, Potsdam, Germany

SAGA-GIS Tool Library Documentation (v6.4.0)



Tools A-Z

Contents

Simulation - Geomorphology

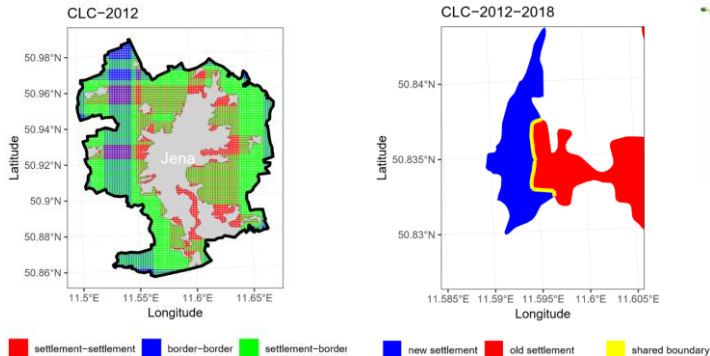
Tool Gravitational Process Path Model

The Gravitational Process Path (GPP) model can be used to simulate the process path and run-out area of gravitational processes based on a digital terrain model (DTM). The conceptual model combines several components (process path, run-out length, sink filling and material deposition) to simulate the movement of a mass point from an initiation site to the deposition area. For each component several modeling approaches are provided, which makes the tool configurable for different processes such as rockfall, debris flows or snow avalanches.

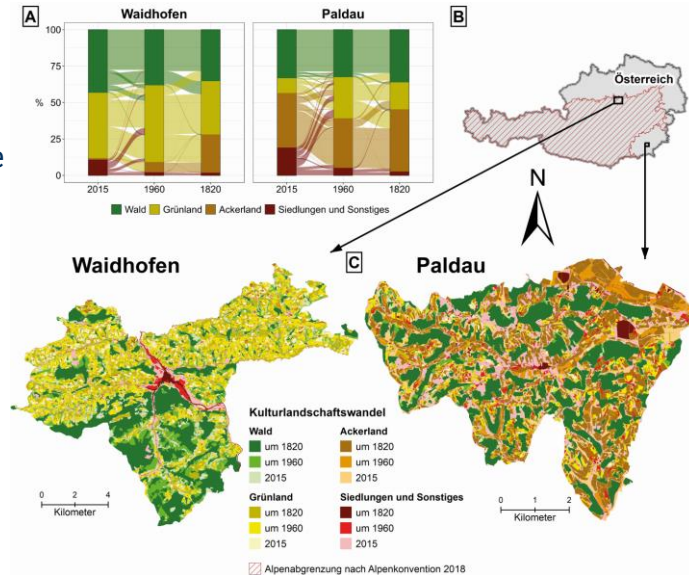
http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/6.4.0/sim_geomorphology_0.html

2.4 Analyse zur Kulturlandschaftsentwicklung

- Verwendung von raumbezogenen Indikatoren zur Analyse der Kulturlandschaftsentwicklung von 200 Jahren (z.B.):
 - Landschaftszerschneidung als effektive Maschenweite
 - Zersiedlung als Freilächeneffizienz
 - Integrationsindex für neuen Siedlungsbestand
- VLSM R-Paket auf github



https://github.com/raff-k/VLSM/blob/master/vignettes/vignette_R.pdf



KNEVELS et al. 2021: 260

3 Fazit



3 Fazit

- Open-Source GIS-Software ist **elementarer Bestandteil** in der Forschung
- **Qualität** der Ergebnisse mit **proprietärer** Software **vergleichbar**
- Einbettung in freie Programmier- und Entwicklungsumgebungen ermöglicht **Automatisierung** und **Erstellung neuer Werkzeuge**
- Repositorien wie *github* oder *Zenodo* ermöglichen das einfache Teilen von Programmiercode oder Daten im Sinne der **FAIR-Prinzipien** (Auffindbarkeit, Zugänglichkeit, Interoperabilität, Wiederverwendbarkeit)

4 Literatur



4 Literatur

- Bornaetxea, T., Rossi, M., Marchesini, I., & Alvioli, M. (2018). Effective surveyed area and its role in statistical landslide susceptibility assessments. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(9), 2455-2469.
- Coetzee, S., Ivánová, I., Mitsova, H., & Brovelli, M. A. (2020). Open geospatial software and data: A review of the current state and a perspective into the future. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 90.
- Dikau, R., & Glade, T. (2001). Gravitative Massenbewegungen-vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 145(6), 42-55.
- **Goetz, J., Kohrs, R., Parra Hormazábal, E., Bustos Morales, M., Araneda Riquelme, M. B., Henríquez, C., & Brenning, A. (2021). Optimizing and validating the Gravitational Process Path model for regional debris-flow runout modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(8), 2543-2562.**
- Highland, L., & Bobrowsky, P. T. (2008). *The landslide handbook: a guide to understanding landslides* (p. 129). Reston: US Geological Survey.
- Hornich, R., & Adewöhrer, R. (2010). Landslides in Styria in 2009. *Geomechanics and Tunnelling*, 3(5), 455-461.
- **Knevels, R., Petschko, H., Leopold, P., & Brenning, A. (2019). Geographic object-based image analysis for automated landslide detection using open source GIS software. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12), 551.**
- **Knevels, R., Petschko, H., Proske, H., Leopold, P., Maraun, D., & Brenning, A. (2020). Event-based landslide modeling in the Styrian Basin, Austria: accounting for time-varying rainfall and land cover. *Geosciences*, 10(6), 217.**

4 Literatur

- Knevels, R., Brenning, A., Gingrich, S., Gruber, E., Lechner, T., Leopold, P., ... & Plutzar, C. (2021). Kulturlandschaft im Wandel: Ein indikatorenbasierter Rückblick bis in das 19. Jahrhundert. Fallstudie anhand der Gemeinden Waidhofen/Ybbs und Paldau.
- Petschko, H., Bell, R., & Glade, T. (2016). Effectiveness of visually analyzing LiDAR DTM derivatives for earth and debris slide inventory mapping for statistical susceptibility modeling. *Landslides*, 13(5), 857-872
- Steiniger, S., & Bocher, E. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(10), 1345-1370.



—
Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!