

Land@Slide-Hangrutschungsservice – Potenziale für einen Copernicus-Downstream-Service

Land@Slide Service – Potentials for a Copernicus Downstream Service

Elisabeth Weinke¹, Daniel Hölbling¹, Florian Albrecht¹, Barbara Friedl¹

¹Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS, Universität Salzburg · elisabeth.weinke@sbg.ac.at

Zusammenfassung: Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der technischen Entwicklung und Konzeption einer Web-GIS-Plattform mit einem interaktiven webbasierten Hangrutschungsservice. Der Service besteht aus zwei Basismodulen: dem Datenmanagement und dem Daten-Upload. Des Weiteren sind die folgenden vier Prozessierungsmodule implementiert: 1) Kartierung zur semi-automatisierten Erfassung von Hangrutschungen, 2) Infrastrukturanalyse zur Identifizierung von beeinträchtigter Infrastruktur, 3) Validierung und 4) Monitoring von Rutschungen. Ebenso wird das Potenzial des Rutschungsservices als Copernicus-Downstream-Service diskutiert.

Schlüsselwörter: Web-GIS, Hangrutschungen, Fernerkundungsdaten, Downstream-Service

Abstract: *In this study we introduce the technical development and concept of a WebGIS platform with an interactive web-based landslide service. The service consists of two basic modules: the data management and the data upload. Furthermore, the service provides the following four processing modules: 1) semi-automatic mapping of landslides, 2) infrastructure analysis to identify affected infrastructures, 3) validation, and 4) monitoring of landslides. In addition, the potential of the landslide service as a Copernicus downstream service is discussed.*

Keywords: *WebGIS, Landslides, Earth Observation (EO) data, Downstream Service*

1 Motivation und State-of-the-Art

Der Klimawandel wird in erster Linie durch steigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsverhältnisse bestimmt. Diese klimatischen Veränderungen können die Häufigkeit und Intensität von alpinen Naturgefahren, wie Hochwasser, Muren oder Hangrutschungen, in großem Ausmaß beeinflussen (Damm, 2011). Das Monitoring von und der Schutz vor Naturgefahren stellt daher in vielen Gebirgsregionen eine zunehmende Herausforderung dar, insbesondere, weil durch den Klimawandel Siedlungsgebiete, Straßennetze und andere Infrastrukturen einem größeren Risiko für Schäden ausgesetzt sind. 30-50 % der Instandhaltungskosten des Straßennetzes in Europa wird durch Extremwetterereignisse und deren Folgen, wie z. B. Überflutungen und Massenbewegungen (wie Hangrutschungen und Muren), verursacht (Nemry & Demirel, 2012). Systeme für die effiziente Kartierung und das Monitoring von Hangrutschungen sowie die Erfassung von durch Naturgefahren beeinträchtigter/gefährdeter Infrastruktur können hier einen wesentlichen Beitrag leisten.

Es existieren zahlreiche lokale, regionale und globale webbasierte Plattformen zum Thema Naturkatastrophen und insbesondere Hangrutschungen (siehe z. B. Kirschbaum et al., 2010; Kirschbaum et al., 2015; Kociu et al., 2007; Kautz et al., 2005; Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland Pfalz, O. J.; Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015; Marchesini et al.,

2010) sowie auch internetbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme für das Katastrophen- und Risikomanagement von Rutschungsereignissen (vgl. Aye et al., 2015; Lazzari und Salvaneschi, 1999).

Für das Management von Naturkatastrophen spielt die Datenverfügbarkeit und Archivierung von historischen Rutschungsereignissen eine wichtige Rolle. In vielen Teilen der Erde wird die Entwicklung von Rutschungsdatenbanken vorangetrieben. 2014 wiesen 22 EU-Staaten nationale Rutschungsdatenbanken auf, wobei diese Datenbanken große Unterschiede in Bezug auf Inhalte, Integrität und Formate aufwiesen (Damm und Klose, 2014).

Im Jahr 2015 hat die Europäische Kommission den Copernicus Emergency Management Service (EMS; <http://emergency.copernicus.eu>) implementiert. Der Dienst publiziert neben Informationen zu natürlichen sowie durch den Menschen verursachten Katastrophen unter anderem auch Daten zu Hangrutschungen im Katastrophenfall. Das EMS ist in zwei Modi verfügbar, dem Rush-Mode für das Notfallmanagement mit einer Verfügbarkeit von 24/7 und dem Non-Rush-Mode für Aktivitäten, die keine unmittelbaren Ergebnisse benötigen, wie z. B. das Präventionsmanagement (ESA, 2016). Die bereits existierenden EMS-Services bauen (teilweise) auf einer Serie von Projekten (Risk EOS (GMES Service Element – GSE), Respond (GSE), TerraFirma (ESA GMES), SAFER (EU-FP7), linkER (GMES preparatory action)) auf (ESA, 2016).

Copernicus-Services und deren Anbieter werden in die drei Aktivitätsbereiche „Upstream“, „Midstream“ und „Downstream“ unterteilt (Spacetecpartners, 2012). Upstream-Services werden von Erdbeobachtungsinfrastrukturanbietern, wie z. B. Satellitenbetreibern, angeboten. Midstream-Services nutzen die bereitgestellten Services der Upstream-Infrastruktur. Erdbeobachtungsdaten werden bei diesen Services prozessiert, verteilt und archiviert. Downstream-Services werden von öffentlichen oder privaten Anbietern entwickelt und generieren aus den Copernicus-Daten einen Mehrwert für den User durch die Kombination von Fernerkundungsdaten und unterschiedlichen Fachdaten (z. B. sozioökonomische Daten) (Copernicus, 2016).

Die bestehenden Implementierungen von Plattformen, die der Bereitstellung von Informationen bezüglich Hangrutschungen und anderer Naturgefahren dienen, zeigen auf, dass der Bedarf für derartige Services erkannt wurde. Außerdem gibt es auf nationaler und europäischer Ebene Initiativen, die die Herausbildung einer auf Fernerkundungstechnologien aufbauenden Servicelandschaft mit ausreichenden Kapazitäten zum Ziel haben, um den Bedarf an zeitgerecht verfügbaren Informationen über Naturgefahren zu decken. Diese sind für Upstream- und Midstream-Services schon weit entwickelt. Bei den Downstream-Services besteht aber noch ein breites Potenzial, um die aufgenommenen und bereitgestellten Fernerkundungsdaten für den Nutzer noch besser in Wert zu setzen. Für die Bereitstellung von Informationen über Hangrutschungen sind die bestehenden Webservicetechnologien für eine den Anforderungen von Nutzern aus Naturgefahrenmanagement und der Instandhaltung von Infrastruktur entsprechenden Lösung noch nicht ausgeschöpft.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung und Konzeption eines interaktiven webbasierten Hangrutschungsservices. Der Service ist modular aufgebaut und besteht aus insgesamt sechs Modulen. Zwei Basismodule umfassen das Datenmanagement und den Upload von Daten. Vier weitere Module befassen sich mit der webbasierten Prozessierung und fokussieren auf die folgenden Bereiche: 1) Kartierung zur semi-automatisierten Erfassung von Hangrutschungen, 2) Infrastrukturanalyse zur Identifizierung von beeinträchtigter Infrastruk-

tur, 3) Validierung und 4) Monitoring von Rutschungen. Der Hangrutschungsservice wurde im Rahmen des FFG-ASAP-Projektes Land@Slide (siehe Hölbling et al., 2016; landslide.sbg.ac.at) entwickelt. Ebenso wird das Potenzial des Rutschungsservices als Copernicus-Downstream-Service in diesem Beitrag diskutiert.

2 Methoden und technischer Hintergrund

Für die Entwicklung des Designs und Konzeptes der Web-GIS-Plattform und deren interaktivem Rutschungsservice wurde ein inkrementeller und iterativer Ansatz gewählt (siehe Weinke et al., 2016), wobei die Anforderungen an das System und den Service sich sowohl aus den im Projekt spezifizierten Aufgaben und Zielen als auch durch konkrete Bedürfnisse von involvierten Anwendern ergaben. Albrecht et al. (2016) beschreiben im Detail die involvierten potenziellen Anwender, sowie deren Nutzerbedürfnisse und Probleme, die im Rahmen der Anforderungsanalyse durch semi-strukturierte Interviews erhoben wurden. Neun potenzielle Endnutzer wurden im Rahmen des Projektes identifiziert, welche in drei Benutzergruppen kategorisiert wurden: 1) nationaler und regionaler Geologischer Dienst, 2) Infrastrukturbetreiber und 3) Wildbach- und Lawinenverbauung.

Die folgenden Kapitel erläutern den Aufbau der zugrunde liegenden Web-GIS-Server-Architektur und eine Auswahl an Modul-Workflows des Hangrutschungsservice.

2.1 Systemarchitektur

Die Hintergrundarchitektur der Web-GIS-Plattform (siehe Abbildung 1) basiert auf dem 3-Schichten (Client-Server) Architekturmodell, welches aus einer Präsentationsschicht (Client), Logikschicht (Webserver) und Datenhaltungsschicht (filebasierte und Datenbank-basierte Datenverwaltung) aufgebaut ist. Vorteile der Architektur sind die einfache Wartung und Aktualisierung der Plattform zu einem späteren Zeitpunkt.

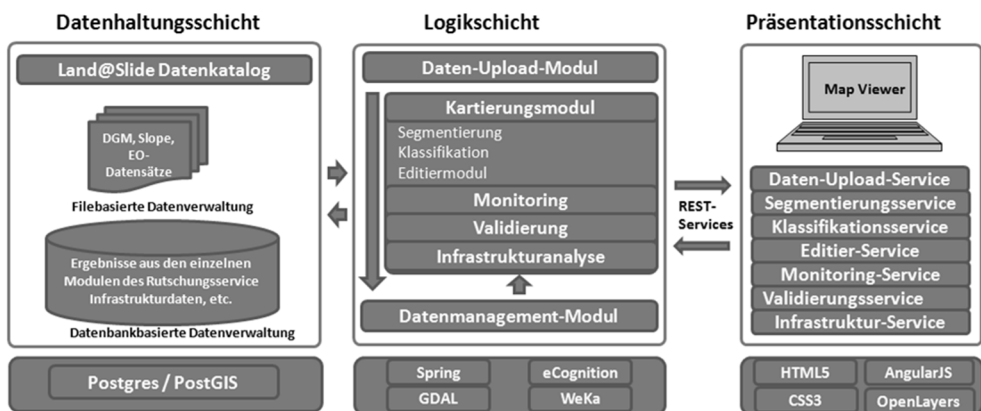


Abb. 1: Systemarchitektur der Web-GIS-Plattform

Datenhaltungsschicht

Die Datenhaltungsschicht der Web-GIS-Plattform besteht aus dem zentralen relationalen Datenbankmanagementsystem PostgreSQL mit der räumlichen Erweiterungen PostGIS. Zusätzlich werden Rasterdatenbestände mit einer großen geographischen Ausdehnung (z. B. das Digitale Geländemodell (DGM) und der davon abgeleitete Hangneigungsdatensatz von Österreich) filebasiert verwaltet. Die Datenbasis bilden multispektrale und multitemporale Satellitenbilder sowie Open-Source-Geodaten, z. B. Gewässer- und Straßennetze.

Logikschicht

Die Logikschicht bildet die Schnittstelle zwischen Datenhaltungsschicht und Präsentationsschicht. Sie beinhaltet die Datenverarbeitung und ermöglicht die Kommunikation zwischen Client und Server. Um eine performante und generische Kommunikation zu erreichen, wurde das Open Source Java Framework Spring verwendet. Java Spring liefert ein generisches Programm-Modell für einen flexiblen Datenbankzugang und eine einfache Schnittstelle unter Beibehaltung der spezifischen Eigenschaften der Datenbank. Mittels der Spring RESTful (Representational State Transfer) Web Service API werden die Daten (Workflow-Beschreibungen, Ergebnisdatensätze, Dateninputs etc.) aus der Datenbank in Form von REST-Services bereitgestellt. In Kombination mit AngularJS wird die interaktive und datenbankbasierte Benutzerschnittstelle generiert.

Die Logikschicht der Web-GIS-Plattform ist modular aufgebaut und besteht aus den zwei Basismodulen Datenmanagement und Daten-Upload und den vier Prozessierungsmodulen Kartierung, Monitoring, Validierung und Infrastrukturanalyse. Eine wichtige Überlegung beim Design der Logikschicht einer Client-Server-Architektur von Web-Anwendungen mit einer großen Anzahl von komplexen Funktionalitäten und Operationen betrifft die Aufteilung der Arbeitsbelastung zwischen Client und Server. Abhängig von der Aufteilung der Arbeitsleistung können nach Gong (1999) Web-Anwendungen in eine Thin-Client-Architektur oder Thick Client Architektur unterteilt werden. Nach Fu & Sun (2011) werden bei der Thin-Client-Architektur die meisten Operationen vom Server bearbeitet. Der Server erledigt in diesem Fall die gesamte Prozessierung (z. B. bei einem Web-GIS die Erstellung einer Karte und die Durchführung der räumlichen Analysen). Bei der Thick-Client-Architektur werden die meisten Operationen vom Client berechnet. In diesem Fall fordert der Thick Client die Daten vom Server an, rendert danach die Karten und führt die Analysen auf der Clientseite aus. Nach Fu & Sun (2011) ist eine gängige Designstrategie für die Arbeitsaufteilung zwischen Client und Server die Unterteilung der Arbeitsleistung in mehrere Kategorien und deren Aufteilung zwischen Server und Client. Im Wesentlichen werden einfache Berechnungen und Funktionen vom Web-Browser durchgeführt und komplexere Operationen vom Server berechnet.

Die vier Prozessierungsmodule (Kartierung, Monitoring, Validierung und Infrastrukturanalyse) beinhalten komplexe Arbeitsabläufe und Analyseverfahren und werden deshalb hauptsächlich auf der Serverseite umgesetzt. Nur deren Ergebnisse werden via REST-Schnittstelle im Webbrowser zur Verfügung gestellt.

Neben Java-Technologien werden für die Umsetzung der Prozessierungsmodule ebenso die Programmierschnittstellen von GDAL, eCognition (von Trimble) und WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis – entwickelt von der University of Waikato) verwendet, wobei eine generische Schnittstelle die Integration weiterer Werkzeuge und APIs ermöglicht.

Für die schnelle und einfache Datenbereitstellung von Analyseergebnissen werden seit einigen Jahren Webservice-Technologien verwendet. Ein wesentlicher Vorteil von Webservices ist die Dateninteroperabilität, da diese die Komplexität von lokalen Datenkonvertierungen und Softwareinstallationen umgehen und dadurch unterschiedlichen Systemen ermöglichen auf der Ebene der Webservices zusammenzuarbeiten (Fu & Sun, 2011). Zur Bereitstellung der räumlichen Ergebnisse aus den Analysekomponenten in Form von standardisierten OGC-Webservices wurde die Open-Source-Software Geoserver verwendet, insbesondere für den Zugang und das Rendering der räumlichen Daten als WMS und WFS. Zusätzlich wird z. B. die Editierkomponente des Kartierungsmoduls (siehe Abb. 1) mittels des OGC-Standards WFS-T entwickelt.

Präsentationsschicht

Auf der Clientseite wurden Open-Source-Komponenten und Standards für die Entwicklung der Web-Plattform verwendet. Zur Entwicklung des Web-GIS-Kartenfensters wurden die Open-Source-JavaScript-APIs OpenLayers v3, HTML5 und CSS3 verwendet. Für die Entwicklung der Benutzeroberfläche und der benutzerdefinierten Tools (zur Datenabfrage, Analyse etc.) wurde die Open-Source-JavaScript-API Angular JS verwendet.

2.2 Workflows der Hangrutschungsservice-Module

Wie bereits in Kapitel 2.1.2 kurz erläutert, besteht die Web-GIS-Plattform aus sechs Hauptmodulen. Das **Datenmanagementmodul** stellt die Eingangsdaten (Sachdaten, Rasterdatenbestände etc.) für die vier Prozessierungsmodule zur Verfügung. Das Datenmanagementmodul repräsentiert den Land@Slide-Datenkatalog. Das Kartierungsmodul ist in folgende Unterkomponenten unterteilt: Segmentierungs-, Klassifikations- und Editier-Komponente. Gefüttert wird der Land@Slide-Datenkatalog durch die **Daten-Upload-Komponente**.

Der Workflow der **Segmentierungskomponente** stellt gemeinsam mit der Klassifikation und dem Editiermodul eine Teilkomponente des Kartierungsmoduls dar. Dabei kann der Benutzer im ersten Schritt sowohl einen Fernerkundungsdatensatz (d. h. ein optisches Satellitenbild), ein DGM und/oder einen Hangneigungsdatensatz aus dem Land@Slide-Datenkatalog auswählen. Datensätze, die öffentlich verfügbar sind oder vom Benutzer stammen, werden in diesem Katalog dem Benutzer zur Verfügung gestellt. Einzig die Auswahl von einem Satellitenbild ist verpflichtend. Wird kein Datensatz ausgewählt, kann trotzdem im Ablauf weiter vorangeschritten werden. Nach der Auswahl der jeweiligen Datensätze werden diese auf einer Karte visualisiert. Danach hat der Benutzer die Möglichkeit einen Teilausschnitt mithilfe einer Bounding Box auszuwählen. Wird keine Bounding Box gezeichnet, dann wird die Bounding Box automatisch auf die Ausdehnung des Satellitenbildes gesetzt. In einem nächsten Schritt definiert der Benutzer die Parameter (z. B. Skalierungsfaktor, Einfluss von Farbe und Form) für die Segmentierung (Multiresolution-Segmentation), d. h. die Zusammenfassung von spektral ähnlichen Pixeln zu Bildobjekten, welche mit der Automatisierungsschnittstelle von eCognition durchgeführt wird. Im Vorverarbeitungsschritt für die Segmentierung werden die ausgewählten Datensätze mittels der GDAL-Library auf die definierte Bounding Box zugeschnitten und die Segmentierung wird mit den benutzerdefinierten Parametern durchgeführt. Nach der Segmentierung werden die Ergebnisse im Land@Slide-Datenkatalog gespeichert, ein neuer Geoserver-Datenspeicher erstellt und die Daten via WMS

und WFS zur Verfügung gestellt. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der Segmentierung auf einer Karte mit einer Informationsabfragemöglichkeit dargestellt.

Für die überwachte objektbasierte Klassifikation von Rutschungen wird nach der Segmentierung der **Klassifikationsworkflow** aktiviert. Im ersten Schritt werden die Ergebnisse der Segmentierung mit Abfragemöglichkeit auf einer Karte dargestellt. Für den Klassifizierungsprozess kann der Benutzer ein oder mehrere Segmente (z. B. aufgrund spektraler Ähnlichkeit), die als Trainingsgebiete für die Klassifikation dienen, mittels Mausklick auswählen und der Klasse Hangrutschung zuweisen. Bevor die Klassifikation durchgeführt werden kann, muss ein geeigneter statistischer Klassifikationsalgorithmus ausgewählt werden. Für den statistischen Klassifikationsprozess wird die Programmierschnittstelle von WEKA verwendet. WEKA liefert verschiedene Techniken aus den Bereichen maschinelles Lernen und Data-Mining. Im Rahmen des Klassifikationsworkflows werden basierend auf den spektralen Eigenschaften der Trainingsgebiete alle weiteren Segmente des Segmentierungsergebnisses analysiert und der wahrscheinlichsten thematischen Klasse zugewiesen. Der Benutzer hat die Möglichkeit zwischen folgenden Klassifikationsalgorithmen auszuwählen: 1) NaiveBayes (George & Langley, 1995), 2) Random Forest (Breiman, 2001) und 3) J48 basierend auf dem C4.5 Algorithmus (Quinlan, 1993). Nach der Klassifikation werden die Ergebnisse im Land@Slide-Datenkatalog gespeichert, via Geoserver als WFS und WMS bereitgestellt und auf einer Karte mit Informationsabfrage visualisiert. Wird das Ergebnis nicht in Form eines Projektes gespeichert, dann wird der Benutzer erneut an den Anfang des Klassifikationsprozesses zurücknavigiert. Nach dem Klassifikationsprozess können die Ergebnisse mittels des Editiermoduls in einem nächsten Schritt vom Benutzer verändert werden.

Im **Monitoring-Bereich** der Land@Slide-Plattform werden Hangrutschungsabgrenzungen unterschiedlicher Zeitpunkte räumlich verglichen. Dafür kann der Benutzer Hangrutschungen (welche mithilfe des Systems in einem vorherigen Schritt segmentiert und klassifiziert wurden) aus dem Land@Slide-Katalog auswählen. Die absoluten und relativen Flächenwerte der zu vergleichenden Objekte sowie die Flächendifferenzen werden berechnet. Zur Kalkulation der Geometrieflächen wird die Flächenfunktion von PostGIS verwendet.

Der **Validierungsworkflow** ermöglicht den Vergleich von semi-automatisch klassifizierten Hangrutschungen mit manuellen Abgrenzungen von Experten. Für die Einbindung von manuellen Abgrenzungen kann der Benutzer Daten aus verschiedensten externen GI-Systemen in Form von Shapefiles mithilfe des Upload-Service in das System hochladen oder eine Abgrenzung mithilfe von Digitalisierungsfunktionen der Land@Slide-Plattform zeichnen. Ebenso wie beim Monitoring werden die verschiedenen Abgrenzungen und Überlappungsflächen miteinander verglichen.

Im Rahmen des **Infrastrukturanalyseworkflows** wird durch Hangrutschungen beeinträchtigte Infrastruktur identifiziert. Im ersten Schritt werden ein Rutschungsdatensatz und ein oder mehrere Infrastrukturdatensätze aus dem Land@Slide-Datenkatalog ausgewählt. Danach wird mittels räumlichen Analyseverfahren von PostGIS (z. B. Distanzberechnung, Verschneidung) die beeinträchtigte Infrastruktur (z. B. Straßen, Siedlungen) identifiziert. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse in einem Datenviewer visualisiert. Wird das Ergebnis aus der Analyse nicht in Form eines Projektes gespeichert, dann wird der Benutzer erneut an den Anfang des Infrastrukturanalyseprozesses zurücknavigiert.

3 Ergebnisse

Der Hangrutschungsservice der vorgestellten Web-GIS-Plattform in der derzeitigen Version besitzt die vier interaktiven Prozessierungsmodule 1) Kartierung, 2) Monitoring, 3) Validierung und 4) Infrastrukturanalyse. Die abfragbaren WFS-Ergebnis-Layer aus den einzelnen Modulen werden in einem interaktiven Kartenviewer mit Basiskarten von OSM und Bing Maps dargestellt. Zurzeit stellt der Land@Slide-Datenkatalog folgende Daten für die Analysen zur Verfügung: DGM und Hangneigung (10 m) für Österreich, multispektrale und multitemporale Satellitenbilder unterschiedlicher Sensoren (z. B. Landsat 5 und 7, QuickBird, SPOT-5, WorldView-3) für die Testgebiete des Land@Slide-Projektes sowie Open-Source-Geodaten wie z. B. Gewässer- und Straßennetze. Nicht verfügbare Vektor- und Rasterdatenbestände können mithilfe des Upload-Service in das System eingebunden werden.

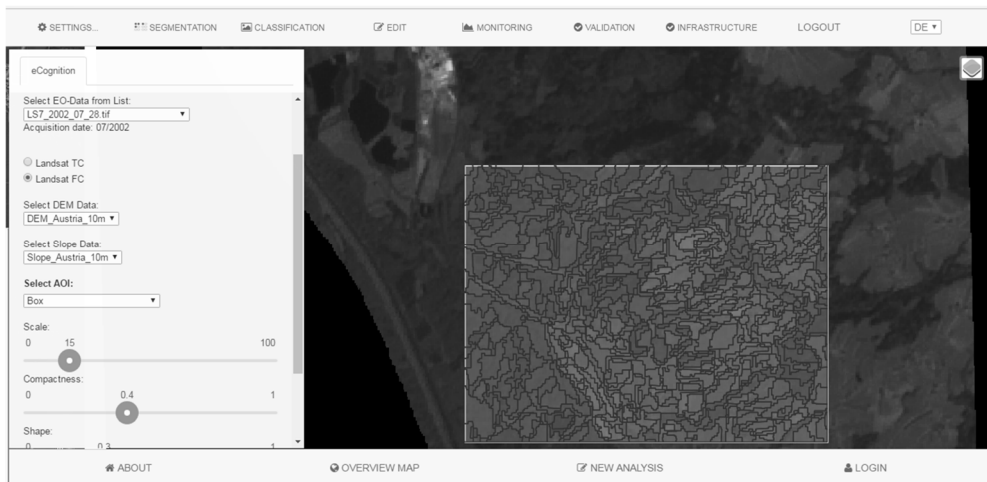


Abb. 2: Segmentierungsmodul und Webkartenviewer des Rutschungsservice

Im Zuge des Projektes Land@Slide wurde das vorgestellte Web-GIS und dessen Services für die Analyse und Kartierung von Hangrutschungen in Österreich und Italien getestet. Nach Weinke et al. (2017) ist geplant die Plattform für weitere Regionen als auch für die Analyse und Kartierung von anderen Naturkatastrophen basierend auf Fernerkundungsdaten auszuweiten.

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, wird bei Copernicus-Downstream-Services ein Mehrwert für den Nutzer durch die Kombination von Fernerkundungsdaten mit unterschiedlichen thematischen Daten und Fachdaten generiert. Der Rutschungsservice erfüllt diese Kriterien und bietet einen Mehrwert für die in Kapitel 2 identifizierten Nutzergruppen, indem er Informationen aus den Fernerkundungsdaten extrahiert und mit anderen Informationen abgleicht, die dem Nutzer in seinen Aufgaben unterstützen. Tabelle 1 listet die drei Module mit ihrem generierten Nutzen für spezifische Anwendungsbeispiele auf. Der Land@Slide-Rutschungsservice bietet mit den drei Modulen eine Funktionalität an, die in der Lage ist, einen wesentlichen Beitrag für das Copernicus Emergency Management Service (EMS) zu liefern.

Tabelle 1: Mehrwerte des Rutschungsservice

Modul	Mehrwert	Nutzergruppe
Kartierung	Semi-automatisierte Identifikation von Hangrutschungen zur Ergänzung von Erhebungen im Gelände für die Ereignisdokumentation	Geologischer Dienst
Monitoring	Abgrenzung einer oder mehrerer Hangrutschungen in Satellitenbildern unterschiedlicher Zeitpunkte für die Überwachung von Veränderungen	Wildbach- und Lawinenverbauung
Infrastrukturanalyse	Identifikation von beeinträchtigter Infrastruktur zur Wegeerhaltung	Infrastrukturbetreiber

4 Diskussion und Fazit

Im Rahmen dieses Beitrags wurde ein interaktiver, webbasierter Hangrutschungsservice und dessen Potenzial als Copernicus Downstream Service vorgestellt. Der Rutschungsservice wurde im Rahmen des FFG-ASAP-Projektes Land@Slide (siehe Hölbling et al., 2016) entwickelt. Der Service ist aus sechs Hauptmodulen aufgebaut. In drei der sechs Module wird ein besonderer Mehrwert aus Fernerkundungsdaten für den Nutzer generiert. Das Kartierungsmodul ermöglicht die semi-automatisierte Abgrenzung von Hangrutschungen und Darstellung von ausgewiesenen Rutschungen auf einer Karte. Mithilfe des Monitoringmoduls können Hangrutschungen unterschiedlicher Zeitpunkte verglichen und überwacht werden, und das Infrastrukturanalysemodul stellt Karten mit von Hangrutschungen beeinträchtigter Infrastruktur bereit. Dadurch wird der vorgestellte Dienst in seiner operativen Phase helfen, Informationen über Hangrutschungen zeitgerecht zu aktualisieren, zu überwachen, zu veröffentlichen und beeinträchtigte Infrastruktur schneller zu identifizieren. Infolgedessen könnte der Land@Slide-Hangrutschungsservice einen wesentlichen Beitrag für das Copernicus Emergency Management Service (EMS) und zum Katastrophenmanagement bei Hangrutschungsereignissen liefern. Copernicus-Services sind operationell angebotene Serviceleistungen. Eine Studie mit potenziellen Nutzern ist angedacht, in der die Marktreife und -potenziale des Service analysiert werden. Im Rahmen des Land@Slide-Projektes wurden neun mögliche Endnutzer identifiziert und in drei Nutzergruppen kategorisiert. Weitere potenzielle Nutzer werden während der Marktanalyse eruiert.

Das Upload-Modul des Service ermöglicht zurzeit die Datenintegration von benutzerdefinierten Datenbeständen (Fernerkundungsdaten, DGM, Infrastrukturdaten etc.), welche mittels des Datenmanagement-Moduls verwaltet und im Land@Slide-Datenkatalog gespeichert werden. Für eine spätere Version ist es angedacht, eine Schnittstelle zur direkten Einbindung von externen Fernerkundungsdatenbeständen, z. B. von der Plattform Sentinel-Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>), zu implementieren, um ein Rapid Mapping zu ermöglichen.

Zur Umsetzung der Prozessierungsmodule werden derzeit die Programmierschnittstellen, z. B. von GDAL, eCognition und WEKA, verwendet, wobei eine generische Schnittstelle die Integration weiterer Tools und APIs ermöglicht und die Einbindung von weiteren Segmentierungs- und Klassifikationsverfahren angedacht ist.

Im Rahmen des Land@Slide-Projektes wurde das vorgestellte Web-GIS und dessen Services für die Analyse und Kartierung von Hangrutschungen in ausgewählten Testgebieten in Österreich und Italien ausgelegt. Es ist geplant, die Plattform für weitere Länder als auch für die Analyse und Kartierung von anderen Naturkatastrophen (z. B. Überflutungen, Lawinen, Sturmschäden) basierend auf Fernerkundungsdaten auszuweiten.

Danksagung

Die vorgestellten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des Austrian Space Application Programme (ASAP-11) innerhalb des Projektes *Land@Slide (EO-based landslide mapping: from methodological developments to automated web-based information delivery)*; Vertragsnummer: 847970) unterstützt. Wir danken Clemens Eisank, Filippo Vecchiotti und Arben Kociu für wertvolle Anregungen und Diskussionen.

Literatur

- Albrecht, F., Hölbling, D., Weinke, E., & Eisank, C. (2016). User requirements for an Earth Observation (EO)-based landslide information web service. In: S. Aversa, L. Cascini, L. Picarelli, & C. Scavia (Eds.), *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice* (pp. 301–308). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Aye, Z. C., Jaboyedoff, M., Derron, M.-H., & Van Westen, C. (2015). Prototype of a Web-based Participative Decision Support Platform in Natural Hazards and Risk Management. *ISPRS Int. J. Geo-Information*, 4(3), 1201–1224.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015). *Massenbewegungen*. Retrieved Jan 19, 2017, from <http://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/index.htm>.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Copernicus (2016). *Are Copernicus services fully free-of-charge for users? Who pays for Copernicus Services?* Retrieved Dec, 2016, from <http://www.copernicus.eu/main/faqs>.
- Damm, B., & Klose, M. (2014). Landslide Database for federal Republic of Germany: A Tool for Analysis of Mass Movement Processes. In: S. Kyoji, C. Paolo, & Y. Yueping (Eds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Vol. 2: Methods of Landslide Studies (pp. 787–792). Dordrecht et al.: Springer.
- Damm, M. (2011). *AdaptAlp: Klimawandel und Naturgefahren im Fokus*. Retrieved Dec, 2016, from <http://klimawandelanpassung.at/index.php?id=21078>.
- ESA (2016). Emergency Services. http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Emergency_services.
- Fu, P., & Sun, J. (2011). *Web GIS – Principles and Applications*, Redlands, CA: Esri Press.
- George, H. J., & Langley, P (1995). Estimating Continuous Distributions in Bayesian Classifiers. In: *Eleventh Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, San Mateo (pp. 338–345).
- Gong, J. (1999). *Contemporary GIS theory and technology*. Wuhan University of Surveying and Mapping Science and Technology Press.

- Hölbling, D., Eisank, C., Friedl, B., Weinke, E., Kleindienst, H., Kociu, A., Vecciotti, F., & Albrecht, F. (2016). EO-based landslide mapping: from methodological developments to automated web-based information delivery. *13th Interpraevent Congress 2016 – Extended Abstracts, Lucerne, Switzerland, May 30 – June 02 2016* (pp. 102–103).
- Kautz, H., Tilch, N., Kociu, A., Heim, N., & Reischer, J. (2005). GIS-based web-application of mass movements in Austria registered by publications and Internet. In: *Proceedings of the Conference „Mass Movement Hazard in Various Environments“*, October 20-21, Krakow, Poland. Polish Geological Institute Special Papers, 20 (pp. 74–75). Warschau.
- Kirschbaum, D., Adler, R., Hong, Y., Hill, S., & Lerner-Lam, A. (2010). A global land-slide catalog for hazard applications: method, results, and limitations. *Natural Hazards*, 52(3), 561–575.
- Kirschbaum, D., Stanly, T., & Zhoum, Y. (2015). Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. *Geomorphology*, 249.
- Kociu, A., Kautz, H., Tilch, N., Grösel, K., Heger, H., & Reischer, J. (2007). Massenbewegungen in Österreich. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 147, 215–220.
- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (O. J.). *Mapserveranwendung Rutschungsdatenbank Rheinland-Pfalz*. Retrieved Apr 19, 2016, from http://www.lgb-rlp.de/ms_rutschungsdatenbank.html.
- Lazzari, M., & Salvaneschi, P. (1999). Embedding a Geographic Information System in a Decision Support System for Landslide Hazard Monitoring. *Natural Hazards*, 20, 185–195.
- Marchesini, I., V. Balducci, G. Tonelli, M. Rossi, & Guzzetti, F. (2010). Geospatial information on landslides and floods in Italy. *International Symposium on Geo-information for Disaster Management. Turin, Italy*.
- Nemry, F., & Demirel, H. (2012). *Impact of climate change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructure*. Sevilla: JRC Scientific and Policy Reports.
- Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for Machine Learning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Spacetecpartners (2012). *Assessing the Economic Value of Copernicus: “European Earth Observation and Copernicus Downstream Services Market Study”*. Retrieved Dec, 2016, from http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/GMES_GIO_LOT3_PublishableExecutiveSummary_final.pdf.
- Weinke, E., Albrecht, F., Hölbling, D., Eisank, C., & Vecchiotti, F. (2016). Verfahren zur Implementierung eines Kartierungsdienstes für Rutschungen auf Basis von Fernerkundungsdaten und Nutzereinbindung. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 2-2016*, 46–55.
- Weinke, E., Hölbling, D., Albrecht, F., & Friedl, B. (2017). Concept of a spatial data infrastructure for web-mapping, processing and service provision for geo-hazards. *Geophysical Research Abstracts*, 19. Vienna, Austria: EGU General Assembly 2017-8641.