

## Entwicklung eines skalenbasierten Überwachungs- und Frühwarnsystem von Hangrutschungen für radioaktive Altlasteneinrichtungen in Kirgistan

Markus Keuschnig<sup>1</sup>, Andreas Schober<sup>2</sup>, Robert Delleske<sup>1</sup>, Giorgio Höfer-Öllinger<sup>2</sup>, Katharina Brandner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Hölzlstraße 5, 5071 Wals

<sup>2</sup>Geoconsult ZT GmbH, Hölzlstraße 5, 5071 Wals

### Abstract

Radioactive waste and the legacies of uranium mining combined with massive landslides pose tremendous risks to vast areas of Kyrgyzstan and their inhabitants. These risks comprise the potential destruction of radioactive legacies and thus, the mobilisation of radioactive materials through streams and rivers into intensively cultivated agricultural areas. For risk reduction and based on cutting-edge technologies, we are developing a spatially and temporally scalable landslide monitoring and early warning system (LMEWS) for the Mailuu Suu region. The project's long-term aim is to increase the safety of Kyrgyz uranium legacy complex sites through optimised monitoring and remediation measures.

Keywords: landslides, monitoring and early warning systems, legacy sites

### Einleitung

Radioaktive Altlasten in Kombination mit gewaltigen Hangrutschungen bergen enorme Risiken für viele Regionen Kirgistans und deren Bewohner (Abb. ).



**Abb. 1:** Auswirkungen der Koitash Rutschung vom April 2017 (Region Mailuu Suu, Kirgistan).

Weite Flächen Kirgistans sind geprägt vom hochalpinen Tianshan Gebirge: 70% der Landesfläche liegen über 3.000 m Meereshöhe und der höchste Gipfel des Landes, der Pik Pobeda, ragt sogar 7.439 m in den Himmel. Aufgrund des extrem hochalpinen Charakters (Relief, Wetterbedingungen) und intensiver seismischer Aktivität (Erdbeben) ist Kirgistan besonders anfällig für Naturgefahren wie Hangrutschungen, Lawinen und Überschwemmungen. Besonders der Süden des Landes ist ein „Hotspot“ für große, gravitative Massenbewegungen: Großflächige Lössvorkommen erreichen hier oftmals Mächtigkeiten von mehreren Zehnermetern. Durch starke Niederschläge oder Erdbeben kann das gelöste Feinmaterial leicht mobilisiert werden. Gewaltige Hangrutschungen, Schlamm- und Erdlawinen mit Volumen von mehreren Millionen Kubikmetern sind nicht selten die daraus resultierenden Folgen (Abb. ).



**Abb. 2:** Koitash Rutschung, April 2017 (Region Mailuu Suu, Kirgistan)

### **Radioaktive Altlasten und Risiken - die Region Mailuu Suu**

Neben dem erheblichen Naturgefahrenpotential beherbergt Südkirgistan im Einzugsgebiet der Stadt Mailuu Suu auch Altlasten aus der Sowjet-Ära, u.a. radioaktives Material aus dem bis zum Ende der 70er Jahre betriebenen Uranbergbau. Dieses Material wurde Großteils in Deponien und Bergeteichen (Tailings) im Bereich der Talböden abgelagert und ist daher besonders exponiert gegenüber Hangrutschungen. Die daraus resultierenden Risiken umfassen eine mögliche Zerstörung dieser Einrichtungen mit einhergehender Remobilisierung und Verfrachtung von radioaktivem Material durch Bäche und Flüsse in landwirtschaftlich intensiv genutzte Regionen.

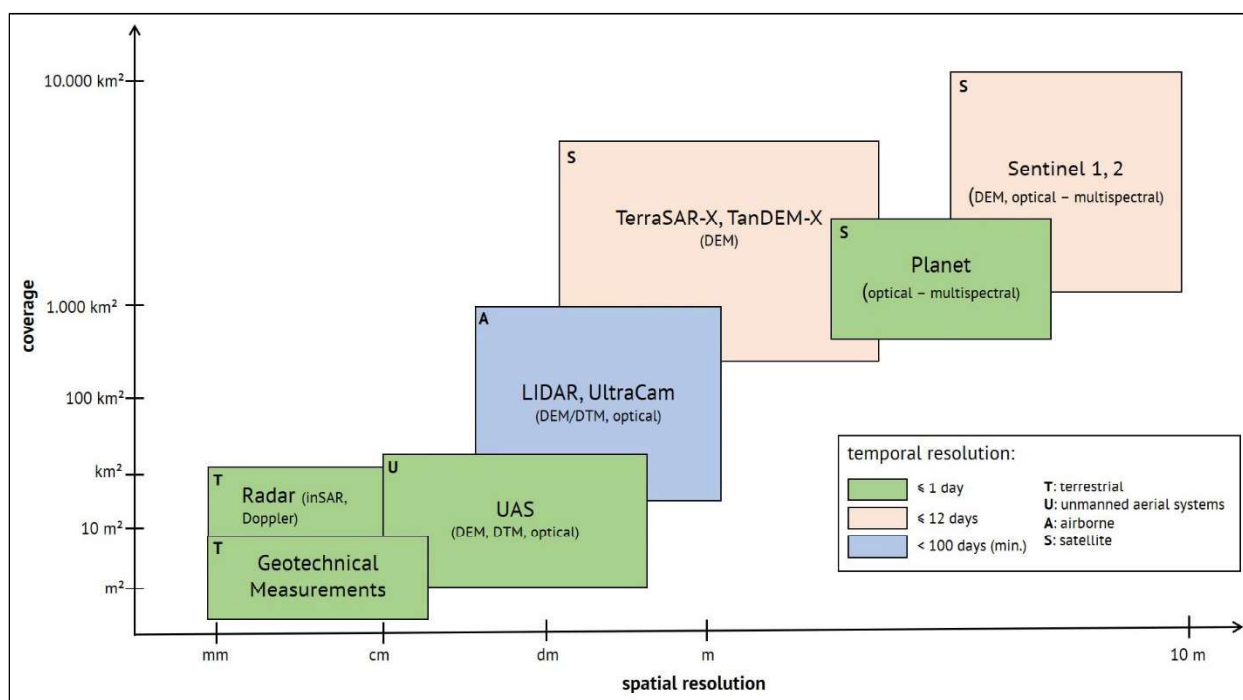
### **Projektziele und Forschungsfragen**

Das langfristige Ziel des Projekts ist, die Risiken von kirgisischen Uran-Altlastengebieten durch optimierte Überwachungs- und Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren. Basierend auf modernsten Monitoring-Technologien wird ein räumlich und zeitlich skalierbares Überwachungs- und Warnsystem für Hangrutschungen entwickelt (Landslide Monitoring and Early Warning System – LMEWS). Dieses sollte

auf lokaler ( $\leq 1 \text{ km}^2$ ) wie auch regionaler ( $\leq 1.000 \text{ km}^2$ ) einsetzbar (Region Mailuu Suu) und potentiell auch auf andere Gebiete übertragbar sein. Dabei werden u.a. folgende Forschungsfragen verfolgt: (1) Welche Typen von Hangrutschungen kommen wo vor, welche Versagensmechanismen sind dominant und was sind die davon ausgehenden Gefahren und Risiken? (2) Welche Technologien und Methoden sind für die Überwachung und Warnung unter den gegebenen Rahmenbedingungen am besten geeignet?

### Methodik

Die angewandte Methodik besteht im Allgemeinen aus zwei Teilen – einer (i) zielgruppenorientierten und prozessbasierten Bedarfsanalyse, (ii) der Entwicklung einer kombinierten Methodenstrategie bestehend aus fixen und mobilen Komponenten für das LMEWS. Bei der Bedarfsanalyse wurden zahlreiche Experteninterviews mit verschiedenen öffentlichen Institutionen geführt und alle existierenden und geplanten Systeme in Kirgistan erhoben. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Einbindung des neuen Systems in bestehende Infrastrukturen gelegt um die zukünftige Wartbarkeit und somit Funktionstüchtigkeit bestmöglich zu gewährleisten. Basierend auf historischen Ereignissen, Feldkartierungen und Fernerkundungsdaten (Drohnen und Satelliten) wurden potentielle Versagensmechanismen analysiert und eine Hangrutschungs-Risikoanalyse für Tailings durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde ein Set aus mobilen und fixen Methoden ausgewählt und auf deren Eignung in Bezug auf die vorherrschenden Prozesse und Bedürfnisse analysiert und evaluiert (Abb. ).



**Abb. 3:** Monitoring Methoden unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Auflösung sowie Abdeckung.

### **Vorläufige Ergebnisse und Ausblick**

Aktuell (2018) ist kein funktionstüchtiges LMEWS in Kirgistan im Einsatz, nicht auf lokaler wie auch auf regionaler Ebene. Alle früheren Installationen sind aufgrund von Vandalismus oder nicht durchgeführten Wartungen zerstört oder stark in Mitleidenschaft gezogen worden. Zu den wichtigsten Anforderungen aus der Bedarfsanalyse zählen vor allem der Schutz der geplanten Komponenten vor Vandalismus und auch eine einfache Wartbarkeit bzw. geringe Wartungskosten. Des Weiteren wurde auch der Aufbau von Kapazitäten für die Bedienung, Wartung und Datenanalyse/Interpretation als besonders wichtig angesehen. In der Region Mailuu Suu konnten beinahe alle gravitativen Massenbewegungstypen nach Varnes (1978) identifiziert werden. Die größten Rutschungen erreichen dabei Volumina mit mehr als 3.000.000 m<sup>3</sup> (Koitash Rutschung) und weisen teilweise ein erhebliches Naturgefahrenpotential auf. Dabei können hauptsächlich primäre, sekundäre und tertiäre Gefahrenbereiche (GB) ausgewiesen werden. Die primären GB sind charakterisiert durch direkte die Beeinflussung der Massenbewegung selbst. Die sekundären GB entstehen durch eine Überschwemmung aufgrund von Rückstau als Folge von Rutschungs-Dämmen. Die tertiären GB entstehen als Folge eines Dammbrechens und einhergehender Überflutungen. Auf Basis dieser Daten wurde eine qualitative Risikoanalyse für die betroffenen Tailings erstellt und Bereiche mit den höchsten Risiken identifiziert. Diese Bereiche wurden besonders bei der Konzeption des LMEWS berücksichtigt.

Auf Basis der Bedarfsanalyse, den vorherrschenden Risiken und den speziellen Anforderungen hinsichtlich räumlicher Skalen wie auch Übertragbarkeit wurde ein LMEWS mit den folgenden fixen und mobilen Komponenten entwickelt: (i) Satelliten-basiertes InSAR (SB-InSAR) für das Monitoring von Bodenbewegungen auf regionaler Skale; (ii) Unmanned Aerial System (UAS oder auch Drohnen) für die Überwachung auf lokaler bis regionaler Skale; (iii) Boden-basiertes, mobiles InSAR (GB-InSAR) für das Monitoring von Bodenbewegungen auf lokaler Skale, alarmfähig; (iv) permanent installiertes Kamerasystem für die on-site visuelle Überwachung auf lokaler Skale; (v) Automatische Wetterstationen für die lokale und regionale Skale und (vi) Grundwasserpegel für die lokale Skale.

Aktuell (2018) befindet sich das LMEWS in der Ausschreibungsphase und wird 2019 in Betrieb gehen.

Die Entwicklung des Überwachungs- und Warnsystem für Hangrutschungen ist Teil des durch die EU finanzierten Projekts "Conducting an integrated Environmental Impact Assessment and Feasibility Study for the Safe Management and Remediation of the Uranium Legacy Complex of Mailuu Suu, Kyrgyzstan (EuropeAid/138036/DH/SER/KG; 2017 – 2019)".

### **Zitate**

[3] Varnes, D.J. (1978) Slope Movement Types and Processes. In: Schuster, R.L. and Krizek, R.J., Eds., Landslides: Analysis and Control, National Research Council, Washington DC, Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy Press, Washington DC, 11-33.