

## RODAS

Detektion von Steinschlag mittels Körperschall an Steinschlag-Netzen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Digitale Technologien, Digitale Technologien, COIN-net-digital Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.10.2023	<b>Projektende</b>	30.09.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	24 Monate
<b>Keywords</b>	Naturgefahren; Steinschlag; Steinschlagnetze; Detektionssystem; akustische Signale		

### Projektbeschreibung

Flexible Steinschlagbarrieren (Steinschlagnetze) stellen eine wirksame Maßnahme dar, um die Gefährdung durch herabstürzende Felsbrocken zu mindern und werden daher weltweit angewendet, um Infrastruktur wie Straße und Schiene, sowie Siedlungsgebiete zu schützen. Die Überwachung dieser Schutzstrukturen ist unerlässlich, um ihre Funktionsfähigkeit zu gewährleisten und notwendige Wartungsarbeiten zeitgerecht durchzuführen.

Zur Überwachung der Steinschlagnetze werden zusehends automatische Systeme eingesetzt. Die meist verbreiteten System zur Überwachung von Netzen basieren auf mehrere Beschleunigungssensoren, die an den Netzen oder Stützen angebracht werden. Hierfür werden jedoch mehrere Sensoren pro Netz benötigt, wobei bei Netzlängen von typischerweise bis zu 100 m mindestens 4 bis 6 Sensoren nötig sind.

Erste Untersuchungen zeigten, dass Steinschläge in Netze ein charakteristisches akustisches Signal in den über die gesamte Netzlänge verlaufenden Abspannseilen induzieren. Diese Körperschall-Signale wurden bisher noch nicht untersucht, können aber für die Detektion von Steinschlägen an Netzen herangezogen werden.

Dieses Projekt zielt daher darauf ab, ein neuartiges Detektionssystem zu entwickeln, welches zuverlässig Steinschläge mittels akustischen Sensoren über Körperschall an den Seilen von Steinschlagnetzen detektiert. Das System kann eine Detektion von Steinschlägen mit nur einer Monitoring-Station pro Netz ermöglichen, wodurch eine kostengünstige, einfach zu installierende Alternative zu aktuell verfügbaren Monitoring-Systemen geboten wird.

Der geplante Aufbau einer Station umfasst ein Kontaktmikrofon, welches am abgespannten Seil befestigt wird, ein Mikrokontroller zur Datenauswertung und ein Kommunikationsmodul. Im Rahmen des Projektes soll untersucht werden, welche Signale bei unterschiedlichen Größenordnungen von Steinschlägen zu erwarten sind sowie mit welchen Störsignalen gerechnet werden muss und wie diese eliminiert werden können. Es sollen die optimalen Hardware-Komponenten ermittelt werden, welche die Anforderungen, wie schwere Zugänglichkeit der Sensor Standorte, raue alpine Umgebung, etc. am besten erfüllen. Im Rahmen des Projekts wird dann ein Detektionsalgorithmus ermittelt, welcher Steinschläge zuverlässig

erkennt, geringe Fehlerraten aufweist und auf einem Ressourcen-limitierten System wie einen Mikrokontroller ausgeführt werden kann.

Weiters soll eine Methode entwickelt werden, welche mittels zweier Messpunkte jeweils am Ende des Seils des Steinschlagnetzes durch Analyse der Signallaufzeiten eine Abschätzung des Orts des Einschlags ermöglichen soll. Ebenfalls soll untersucht werden, ob eine erste Abschätzung der Größenordnung des Impacts durch die Amplitude des Signals möglich ist.

## **Abstract**

Flexible rockfall barriers (rockfall nets) are an effective measure to reduce the risk of rockfall hazards and therefore widely used to protect infrastructure such as roads and railways as well as residential areas. Monitoring these protective structures is essential to ensure their functionality and to carry out necessary maintenance work on time.

Automatic systems are increasingly used to monitor rockfall nets. The most commonly used monitoring systems are based on multiple accelerometers attached to the net or pillars. However, this requires several sensors per rockfall net, with at least 4 to 6 sensors necessary for typical net lengths up to 100 m.

First analyses showed that rockfalls hitting rockfall nets induce characteristic acoustic signals in the suspension cable that runs along the entire length of the net. These impact sound has not been analyzed yet but can be used to detect rockfalls on nets.

Therefore, this project aims to develop a new type of detection system that reliably detects rockfalls using acoustic sensors which record structure-borne noise on the steel cables of rockfall nets. The system can detect rockfall with just one monitoring station per net and therefore provides a cost-effective, easy-to-install alternative to currently available monitoring systems.

The planned setup of a monitoring station includes a contact microphone, which is attached to the suspension cable, a microcontroller for data processing, and a communication module. One part of the project is, to analyze which signals can be expected for different magnitudes of rockfalls, which interference signals can occur and how they can be eliminated. The optimal hardware components have to be determined, which meet the requirements like difficult accessibility of the sensor locations, a rough alpine environment, etc. As a main part of the project, a detection algorithm will be developed, which reliably detects rockfalls, has low error rates, and can be run on a resource-limited system like a microcontroller.

Furthermore, a method will be developed, which uses two measuring points at the end of the suspension cable of the rockfall net, to estimate the location of the impact by analyzing the signal propagation times. It is also planned to analyze if a first estimation of the magnitude of the impact is possible by the amplitude of the recorded signals.

## **Endberichtkurzfassung**

Flexible Schutzbarrieren aus Netzkonstruktionen stellen eine wirksame Maßnahme dar, um die Gefährdung durch herabstürzende Felsbrocken, Murgänge oder Lawinen zu mindern. Sie werden daher weltweit angewendet, um Infrastruktur wie Straße und Schiene, sowie Siedlungsgebiete zu schützen. Die Überwachung dieser Schutzstrukturen ist unerlässlich, um

ihre Funktionsfähigkeit zu gewährleisten und notwendige Wartungsarbeiten, wie das Räumen des Netzes und die Überprüfung beschädigter Bauteile, zeitgerecht durchzuführen. Zur Überwachung der flexiblen Schutzbarrieren werden zusehends automatische Systeme eingesetzt. Die meist verbreiteten Systeme zur Überwachung von Netzen basieren auf Beschleunigungs- oder Kippsensoren, die an den Netzen oder Steher angebracht werden. Hierfür werden jedoch mehrere Sensoren pro Netz benötigt, wobei bei Netzlängen von typischerweise bis zu 100 m mindestens 4 bis 6 Sensoren nötig sind. Da diese Sensoren im Auffangbereich der Schutznetze situiert sind, ist mit Ausfall oder häufigen Schäden an der Sensorik selbst zu rechnen.

Ein gemeinsames Merkmal dieser flexiblen Schutzsysteme ist die Verwendung von durchgehenden Trag- oder Abspannseilen, die die gesamte Konstruktion sowohl seitlich als auch bergwärts abspannen. Auf dieser Grundlage wurde in diesem Forschungsprojekt „Detektion von Steinschlag mittels Körperschall an Steinschlag-Netzen“ (RODAS), ein neuartiges und innovatives Detektionssystem entwickelt, welches zuverlässig Steinschläge mittels akustischer Sensoren über Körperschall an den Abspannseilen von Schutznetzen detektiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde gezeigt, dass diese neue Technologie Einwirkungen von Steinschlägen über größere Netzlinien erkennen kann und ein wesentlich geringerer Einsatz von Sensoren wie bei herkömmlichen Systemen, notwendig ist. Weitere Vorteile sind einerseits die Positionierung der Sensoren am Randbereich der Netzreihe außerhalb des Auffangbereichs, mit geringer Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung und andererseits die Kompatibilität des Sensorsystems mit allen technischen Schutzsystemen, unabhängig vom jeweiligen Hersteller. Dies ermöglicht die Überwachung von Schutzsystemen in schwer zugänglichen und rauen Umgebungen und unterstützt Maßnahmen, die eine schnelle Reaktion erfordern.

Das System-Setup einer Station bestehend aus zwei Kontaktmikrofonen, sowie einem Mikrokontroller-Einheit zur Ereignisdetektion und Datenaufzeichnung. Die Kontaktmikrofone werden abhängig vom Steinschlagnetz entweder am mittleren Abspannseil oder am oberen Abspannseil nahe dem Ankerpunkt vor der Bremse befestigt. Als Zusatzinformation und zur Kontrolle der Daten wurde bei einem der beiden Sensoren noch ein 3-Achsen Beschleunigungssensor sowie ein Geophon installiert. Die Station versendet mittels GSM-Moduls stündlich Statusmeldungen sowie im Ereignisfall Alarm-Meldungen und Event-Daten auf eine kundenorientierte Plattform basierend auf Grafana.

Im Projekt RODAS wurden durch die Sammlung von Felddaten der Sensoren auf drei verschiedenen Steinschlagnetzen (Radingberglehne (OÖ), Lend (Salzburg) und Mooslandl (Steiermark)) Umwelteinflüsse sowie einige Steinschlag-Ereignisse erkannt und zur Entwicklung eines Detektions-Algorithmus verwendet. Durch umfangreiche Laborversuche und Messungen an der Testanlage der Firma Trumer Schutzbauten in Lungern (CH) konnten weitere Möglichkeiten zur Verbesserung des Systems aufgezeigt werden. Insbesondere konnte im Labor gezeigt werden, dass eine Magnitudenabschätzung möglich ist und eine grobe Lokalisierung des Einschlags mittels Laufzeitmessung durchgeführt werden kann. Der erfolgreiche Einsatz von Körperschallmikrofonen hat gezeigt, dass diese eine zuverlässige und kostengünstige Lösung zur Verbesserung der Sicherheit und Überwachung von Steinschlagnetzen darstellen.

Im Rahmen des Projektes RODAS wurden vielversprechende Ergebnisse erzielt und schon mehrere Ereignisse detektiert, jedoch wurde auch ersichtlich, dass weitere Forschungsarbeit von Nöten ist. So wurden seitens der Bedarfsträger die Anforderung einer Abschätzung der Magnitude des Impacts, sowie eine Erweiterung der Anwendung des Systems auf andere Naturgefahrenprozesse, wie Lawine, Murgang und Rutschungen eingebracht. Die Installation und Tests an drei verschiedenen Netzstandorten zeigte, dass eine Modifikation des Systems auf eine kabellose Version erforderlich ist, um den

Installationsaufwand und die Fehleranfälligkeit zu verringern. Außerdem bedarf es noch weitergehender Entwicklungsarbeit in enger Abstimmung mit den Bedarfsträgern, sowie fortlaufend Tests und eine große Datenbasis, um ein störungsfreies, zuverlässiges Produkt aus dem aktuellen Prototyp zu entwickeln. Dies soll dann im Nachfolgeprojekt DYMAS (Detektion von dynamischen Einwirkungen von Massenbewegungen auf flexible Schutzsysteme) erfolgen.

### **Projektkoordinator**

- Schimmel Andreas Michael Dipl.-Ing.

### **Projektpartner**

- IBTP Koschuch e.U.
- Universität für Bodenkultur Wien
- Trumer Schutzbauten Ges.m.b.H.
- ÖBB-Infrastruktur Aktiengesellschaft