

## **Listening to an alpine intermittent stream: Development of an autonomous microcontroller device to measure water level**

Linus Fässler; Universität Bern; Geographie, Hydrologie

Supervision: Natalie Ceperley

Abgabe: Januar 2023

Die Hälfte aller Flüsse weltweit sind intermittent oder ephemeral (IRES). In Gebirgsregionen steigt der Anteil von IRES deutlich an. IRES zeichnen sich durch ihren stetig verändernden Wasserpegel aus, bei welchen häufig auch gar kein Wasser fließt. Regen, Schneeschmelze oder auch vereinzelt kleine Quellen sind für den Abfluss in den Flüssen verantwortlich. In den vergangenen Jahren rückten die IRES verstärkt in den Fokus der Wissenschaft. Dabei interessieren sich neben der Hydrologie auch die Biologie über beispielsweise die geochemischen Abläufe rund um den Flusslauf. Jedoch fehlt der Wissenschaft Daten in einer guten räumlichen und zeitlichen Auflösung von IRES. Bis anhin wurden Messgeräte von konventionelle Messmethoden im Bachlauf installiert, um den Wasserpegel zu erfassen. Die unberechenbaren Abflussmengen in den IRES zerstören oder deplatzen installierte Sensoren. Deshalb braucht es eine neue Messmethode, welche einerseits aus der Distanz (Umkreis von 5-10 Meter) misst und andererseits kostengünstig ist und somit einfach reproduziert werden kann. Im Rahmen der Masterarbeit wurde einen eigenen Audio-Sensor entwickelt, welcher mit den Wassergeräuschen von IRES in den Alpen den Wasserpegel bestimmt. Der Audio-Sensor wurde für 2 Monate im Vallon de Nant (Waadt) in einem IRES auf ungefähr 1500 Meter über Meer eingesetzt.

Der Audio-Sensor besteht aus einem Teensy 3.2 Mikrocontroller und einem Audio Shield. Einerseits nimmt das Audio Shield den Sound auf und andererseits hat das Shield einen SD Karten Slot für die Sicherung der Aufnahmen. Ein Solarpanel und einen Akku versorgten den Sensor während dem 2-monatigen Feldeinsatz mit Strom. Der autonome Sensor wurde mit der Programmiersprache Arduino so programmiert, dass er stets 10-sekundige Audioaufnahmen vom IRES macht. Neben den Audioaufnahmen wurde mit einer Time-Lapse-Kamera (TLK) Bilder vom Fluss aufgenommen. Anschliessend in der Auswertung wurde der Wasserpegel aus den aufgenommenen Bildern mit einer virtuellen Skala bestimmt. Dafür wurde über jedes Bild eine virtuelle Skala als Referenz gelegt. Danach konnte der User mit einem Mausklick die

Wasserhöhe bestimmen. Aus den Audiofiles wurde mit der Fast Fourier Transformation den Dezibel Wert in den Hz-Frequenzen von 0.05 – 20 kHz berechnet.

Der berechnete exponentielle Zusammenhang der Regression zwischen Audioaufnahmen und dem Wasserpegel ist stark. Der  $R^2$  Wert liegt bei 0.95. Mit der Funktion der Regressionskurve können mit den Audiodaten der Wasserpegel berechnet werden kann. Während der ganzen Observationsperiode wurden insgesamt 7 Abflussereignisse beobachtet. Neben aufschlussreichen Daten über einen IRES in Vallon de Nant, stand die Entwicklung und die Performance im Feld von Sensor im Mittelpunkt. Insgesamt waren über 95% der aufgenommenen Audiodaten verwertbar. Die Stromversorgung war über den ganzen Einsatzzeitraum gewährleistet. Einzig ist der Sensor während dem Feldeinsatz zwei Mal unbekanntem Gründen unerwartet heruntergefahren. Diese Störung muss in einer zukünftigen Arbeit angegangen werden.

Die Masterarbeit zeigt erfolgreich auf, dass in Zukunft Sound einen weiteren Indikator zur Bestimmung von Umweltzuständen für die Wissenschaft sein wird. In der Hydrologie kann neuerdings IRES gemessen werden und der Anspruch an Daten von IRES in einer guten räumlichen und zeitlichen Auflösung erfüllt werden. Dazu wurde der Audio-Sensor entwickelt, welcher eine kostengünstige Alternative mit einer hohen Genauigkeit zur Bestimmung vom Wasserpegel in bisher schwer zu messenden Flüssen in den alpinen Regionen darstellt.

In der Zukunft kann die hohe Auflösung von Audio als Datenquelle für Machine-Learning Anwendungen noch relevanter werden. Es ist zu hoffen, dass Machine-Learning noch weitere Aufgabe wie die Kalibration übernehmen kann und zudem weitere Merkmale wie Abflussmenge, Regenfälle und Turbulenz aus den Audioaufnahmen identifizieren kann.

**Weitere Verwendung der Arbeit:** Die Masterarbeit wird an der EGU-Konferenz 2023 in der Session «*The MacGyver session for innovative and/or self made tools to observe the geosphere, including frontiers in river flow monitoring*» in Wien präsentiert. Zudem ist die Arbeit und die dazugehörigen Codes online auf Zenodo frei zugänglich. Link: <https://zenodo.org/record/7544540#.Y9KYDS9XaAk>