

author1un=0,uniquepart=base,hash=cf61af590387ce796999d3f33d692991family=Fehr, familyi=F., given=René, giveni=R., givenun=0 author1un=0,uniquepart=base,hash=cf61af590387ce796999d3f33d692991family=Fehr, familyi=F., given=René, giveni=R., givenun=0 author2un=0,uniquepart=base,hash=b6ac3048f76c13073824ae03c2bc4d9afamily=Hunzinger, familyi=H., given=Lukas, giveni=L., givenun=0un=0,uniquepart=base,hash=8ff8cecd9168mily=Pauli, familyi=P., given=Michael, giveni=M., givenun=0 author1un=0,uniquepart=base,hash=fdac0b26aa3fb3ba5616540f4f9bf347family=Keusch, familyi=K., given=Patrick, giveni=P., givenun=0 author2un=0,uniquepart=base,hash=be85f3c058a4f0702b86baf5864d5bd5family=Nitsche, familyi=N., given=Manuel, giveni=M., givenun=0un=0,uniquepart=base,hash=b6d292f05657822a6287c3158eb665ccfamily=Pfaundler, familyi=P., given=Martin, giveni=M., givenun=0 author1un=0,uniquepart=base,hash=cf61af590387ce796999d3f33d692991family=Fehr, familyi=F., given=René, giveni=R., givenun=0 author1un=0,uniquepart=base,hash=cf61af590387ce796999d3f33d692991family=Fehr, familyi=F., given=René, giveni=R., givenun=0 author2un=0,uniquepart=base,hash=b6ac3048f76c13073824ae03c2bc4d9afamily=Hunzinger, familyi=H., given=Lukas, giveni=L., givenun=0un=0,uniquepart=base,hash=8ff8cecd9168mily=Pauli, familyi=P., given=Michael, giveni=M., givenun=0 author1un=0,uniquepart=base,hash=fdac0b26aa3fb3ba5616540f4f9bf347family=Keusch, familyi=K., given=Patrick, giveni=P., givenun=0 author2un=0,uniquepart=base,hash=be85f3c058a4f0702b86baf5864d5bd5family=Nitsche, familyi=N., given=Manuel, giveni=M., givenun=0un=0,uniquepart=base,hash=b6d292f05657822a6287c3158eb665ccfamily=Pfaundler, familyi=P., given=Martin, giveni=M., givenun=0

# Eentwicklung eines Verfahrens zur Korngrössenanalyse mittels digitaler Höhenmodelle

Projektdokumentation

Stefanie Röthlisberger<sup>1</sup>, Lukas Batschelet<sup>2</sup>, and Florian Mohaupt<sup>3</sup>

<sup>1</sup>stefanie.roethlisberger2@students.unibe.ch, 20-924-346

<sup>2</sup>lukas.batschelet@students.unibe.ch, 16-499-733

<sup>3</sup>florian.mohaupt@students.unibe.ch, 22-125-041

14. Juni 2024

## Abstract

In unserem Projekt haben wir die Korngrössenverteilung oberhalb des Geschiebesammlers Obermad im Gadmertal untersucht und dazu ein Programm entwickelt, welches eine Klassifikation der Korngrössenverteilung auf Basis eines digitalen Höhenmodells ermöglicht. Der Geschiebesammler wurde im Herbst 2023 saniert, um seine Auswirkungen auf Lebensräume, den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt zu reduzieren und einer wiederkehrenden Kiesentnahme entgegenzuwirken.

Ursprünglich beabsichtigten wir, die Auswirkungen der Sanierungsarbeiten auf den Geschiebetransport zu analysieren. Da jedoch seit den Arbeiten nicht genügend Zeit verstrichen war, um eine natürlich fluvial geprägte und sortierte Umgebung wiederherzustellen, verlagerten wir unseren Fokus auf die Entwicklung eines Programms zur Klassifikation der Korngrössenverteilung. Dieses Verfahren nutzt digitale Höhenmodelle und ermöglicht eine effiziente und benutzungsfreundliche Analyse.

## 1 Einleitung

Der Geschiebesammler Obermad wurde 2014 hinsichtlich seiner Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Lebensräume, den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt untersucht. Die Analyse von **hunzingerGewaasserentwicklungskonzeptBernGEKOB2014** stellte erhebliche Beeinträchtigungen in allen Bereichen fest, unter anderem aufgrund der jährlichen Entnahme von etwa 4'000 m<sup>3</sup> Kies, woraufhin der Geschiebesammler nach Art. 43a GSchG als sanierungspflichtig eingestuft wurde. Um die negativen Effekte zu reduzieren und der wiederkehrenden Kiesentnahme entgegenzuwirken, wurde im Herbst 2023 die Durchlassbreite des Sammlers

Abb. 0.1: Geschiebesammler in Obermad

vergrössert. Diese Anpassung beeinflusst den Geschiebetransport und somit auch die Korngrössenverteilung des Geschiebes. Der natürliche Transport von Sand, Kies und Steinen im Wasser ist essenziell für die Bildung vielfältiger Strukturen im oder am Gewässer.

Die Korngrössenverteilung spielt eine entscheidende Rolle in der Flussmorphologie und der ökologischen Dynamik von Fliessgewässern. Um die Korngrössen- und Geschiebeverteilung auszuwerten und zu analysieren, existieren bereits verschiedene methodische Ansätze. Einerseits gibt es geometrische, teils mit grossem Aufwand verbundene Verfahren, wie die Siebanalyse oder die häufiger angewendete Linienzahlanalyse (**fehrGeschiebeanalysenGebirgsflüssenUmrechnung1987**). Bei der Linienzahlanalyse wird im Feld eine Verteilung der Komponenten manuell ausgemessen, und anschliessend wird die gesamte Korngrössenverteilung mithilfe der Fullerverteilung mathematisch angenähert (**fehrEinfacheBestimmungKorngrössenverteilung1987**). Neben den geometrischen Verfahren existieren ebenfalls bereits Ansätze aus der Fotogrammetrie, wobei anhand von hochaufgelösten Orthofotos die Geschiebeverteilung eines Gebietes analysiert werden kann. In junger Vergangenheit wurden auch Verfahren unter Anwendung von neuronalen Netzen für die Klassifikation entwickelt (**keuschSubstratkartierungAlpinenOekosystemen2023**). Wichtig bei solchen Verfahren ist die möglichst automatisierte und benutzungsfreundliche Anwendung, damit die entwickelten Verfahren und Methoden für verschiedene Gebiete und Fragestellungen angewendet und reproduziert werden können.

Um eine möglichst einheitliche und nachvollziehbare Klassifikation des Geschiebehaushalts zu ermöglichen, hat das Bundesamt für Umwelt BAFU in der Vollzugshilfe zur Renaturierung von Gewässern das Substrat in fünf Klassen Substrattypen bezüglich Korngrösse eingeteilt. Es handelt sich hierbei um eine relative Klassifizierung, wobei die absoluten Korngrössen gewässerspezifisch abzuleiten sind (**nitscheGeschiebehaushaltMassnahmen2024**). In diesem Projekt haben wir uns bei der Klassifikation ebenfalls auf diese fünf Klassen bezogen (vgl. Abbildung 3.)

Unser ursprüngliches Ziel war es, die Veränderungen des Geschiebetransports durch die Anpassung des Geschiebesammlers zu analysieren. Da jedoch nur wenige Monate zwischen der Sanierung und unseren Untersuchungen im Frühjahr 2024 lagen, war das Gebiet noch stark von der Baustelle geprägt. Dies führte dazu, dass sich die Umgebung noch nicht fluvial geprägt und sortiert hatte, was eine Analyse der Veränderungen der Korngrössenverteilung wenig interessant erscheinen liess. Aus diesem Grund fokussierten wir uns auf die Entwicklung eines datengestützten Verfahrens zur Berechnung und Kategorisierung der Korngrössenverteilung, basierend auf der Oberflächenrauheit. Dieses Verfahren, motiviert durch persönliches Interesse und Herausforderungen bestehender Analyseprogramme, ermöglicht eine effiziente und benutzungsfreundliche Analyse der Korngrössenverteilung.

## 2 Fragestellung

### 2.1 Forschungsfrage

- *Welche Auswirkungen hat die Vergrösserung des Durchlasses des Geschiebesammlers Obermad auf die Korngrössenverteilung im Flussbett des Gadmerwasser?*

Die Forschungsfrage bezieht sich auf die Auswirkungen der Sanierung des Geschiebesammlers im Jahr 2023. Wir mussten im Verlauf der Arbeit feststellen, dass die effektive Beantwortung dieser Frage den Rahmen dieser Projektarbeit überschreitet. Im Abschnitt Diskussion gehen wir näher auf diese Feststellung ein. Das Ziel der Projektarbeit soll aber sein, mit der

Entwicklung einer Auswertungsmethode die Beantwortung dieser Frage theoretisch zu ermöglichen.

## 2.2 Arbeitsfragen

Da es in dieser Arbeit vor allem darum geht, den Prozess einer fotogrammetrischen Projektarbeit kennenzulernen und selbst durchzuführen, liegt der Fokus auf den Arbeitsfragen, ohne die Forschungsfrage selbst zu beantworten. Unsere Hauptarbeitsfrage lautet:

- *Wie kann die Oberflächenrauheit und somit die Korngrößenverteilung anhand eines digitalen Höhenmodells berechnet werden und wie lässt sich dieser Prozess vereinfachen?*

Zusätzlich zur oben definierten Hauptarbeitsfrage ergaben sich im Laufe des Arbeitsprozesses weitere wichtige Fragen, welche wir als Unterfragen definiert haben:

1. *Wie können wir das erstellte Programm anwenden, um eine Berechnung der Korngrößen anhand der Geschiebeklassen des Bundes durchzuführen?*
2. *Wie lässt sich die entwickelte Methode zur Klassifizierung der Korngrößenverteilung auf ihre Qualität prüfen?*

Für die Beantwortung dieser Arbeitsfragen entwickelten wir ein methodisches Vorgehen, welches im folgenden Kapitel näher erläutert wird.

## 3 Methodisches Vorgehen

Zu Beginn des Projekts haben wir verschiedene Ansätze zur Bestimmung der Korngrößenverteilung verglichen und getestet. Der Ansatz von Keusch (2023) ist sehr genau dokumentiert und erschien uns aufgrund der automatisierten Vorgänge zuerst vielversprechend für unser Projekt. Nach einer eingehenden Testphase stellte sich jedoch heraus, dass eine Analyse der Korngrößenverteilung mit der von Keusch vorgeschlagenen Methode von uns nicht erfolgreich umgesetzt werden konnte und den inhaltlichen und zeitlichen Rahmen dieser Projektarbeit überschreiten würde. Daher haben wir beschlossen, alternative Methoden zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in Betracht zu ziehen. In Erwägung gezogen wurden sowohl die Nutzung von BaseGRAIN (Detert Weitbrecht, 2013) als auch GRAINnet (Lang et al., 2021). Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, ein Verfahren zu verwenden, das in der Vorlesung Geoprocessing I kurz angesprochen wurde und auf der Analyse der Oberflächenrauheit mithilfe einer überwachten Klassifikation basiert. Schlussendlich haben wir uns dafür entschieden, selbst eine Methode zur Analyse der Korngrößenverteilung zu entwickeln. Hierbei haben wir den Ansatz der Oberflächenrauheit als Mass oder Indikator für Korngrößenverteilung weiterentwickelt.

### 3.1 Programmentwicklung und -funktionen

Das GeoRoughness Tool ist ein selbst entwickeltes Software-Tool zur Analyse digitaler Höhenmodelle (DEMs), welches die Korngrößenverteilung innerhalb quadratischer Untersuchungsflächen berechnet. Die Software bietet ein einfaches grafisches User Interface (GUI), was die Anwendung benutzungsfreundlich gestaltet. Das Programm wurde in Python geschrieben, weil

Python diverse Libraries für das Arbeiten mit räumlichen Daten bietet. Wir verwenden die Rasterio<sup>1</sup> Library, welche gut geeignet ist für Berechnungen mit Rasterdateien. Das Programm ist als Python Package verfügbar und läuft unabhängig vom vorhandenen Betriebssystem auf allen Computern, welche mindestens Python 3.12 installiert haben.<sup>2</sup>


Für die Berechnung und Kategorisierung der Korngrößenverteilung verwenden wir die Oberflächenrauheit als Proxy, unter der Annahme, dass eine grosse Oberflächenrauheit mit grossen Korngrößen einhergeht. Rauheit bezieht sich im Zusammenhang mit Digitalen Höhenmodellen (DEM) auf die Variabilität oder Unregelmässigkeit der Höhenwerte innerhalb eines bestimmten Gebietes und wird deshalb häufig mit der Standardabweichung der Höhenwerte ausgedrückt. Die Standardabweichung ist ein Mass für die Schwankung oder Streuung einer Gruppe von Werten. Sie wird als die Quadratwurzel der Varianz berechnet (vgl. ??). Die Grösse des gewählten Bereichs beeinflusst die Rauheitsberechnung, wobei kleinere Fenster lokale Abweichungen stärker hervorheben und grössere Fenster lokale Abweichungen glätten.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (3.1)$$

## License

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons “Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International” Lizenz.



 All material is made available on GitHub:  
<https://github.com/lbatschelet/GeoRoughnessTool>

---

<sup>1</sup><https://rasterio.readthedocs.io/en/stable/>

<sup>2</sup>Detaillierte Anleitung zur Installation unter <https://github.com/lbatschelet/GeoRoughnessTool>