

GERNOT SEIER, GERHARD KARL LIEB, ANDREAS KELLERER-PIRKLBAUER, WOLFGANG SULZER,
STEFAN SCHÖTTL, JAKOB ABERMANN, CHRISTIAN BAUER

Forschungen der Grazer Integrativen Geographie im Nationalpark Gesäuse – Überblick und Fallbeispiel

Nationalparks stellen per Definition auch Gebiete zur Forschung dar, weshalb langfristige strategische Überlegungen zu deren Umsetzung für jeden Nationalpark von Bedeutung sind. Im Nationalpark Gesäuse wurden die Forschungsarbeiten u. a. in Bezug auf deren inhaltliche Ausrichtung kategorisiert und evaluiert. Mit diesem Beitrag wird gezeigt, dass die Grazer Integrative Geographie gerade in jenen Forschungsbereichen aktiv war, die im Nationalpark Gesäuse bislang eher weniger stark im Mittelpunkt des Interesses waren, weshalb der Bedarf daran besonders gegeben ist. Anhand eines aktuellen Fallbeispiels wird gezeigt, dass auch künftig mit Beiträgen unseres Instituts zu rechnen ist, und zwar gerade in den noch unterrepräsentierten Themenbereichen. Ein Überblick über das aktuelle Thema der Verwendung von unbemannten Luftfahrzeugen in Schutzgebieten schließt den Beitrag ab.

1 Einleitung

Der Nationalpark Gesäuse definierte als einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt die „[...] Erfassung und langfristige Beobachtung der Naturprozesse [...]“ (Maringer u. Kreiner 2012, 12), wobei Arten und Lebensräume besonders betont werden. In diesem Zusammenhang ist die zur Weiterentwicklung der Nationalparks entwickelte Strategie zu nennen, die u. a. vorsieht, dass Nationalparkflächen auch für nicht vom Nationalpark direkt veranlasste Forschungsaktivitäten zur Verfügung stehen. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass diese Aktivitäten den Zielen des Nationalparks nicht zuwiderlaufen, wobei hierunter insbesondere mögliche Beeinträchtigungen von Lebensräumen und Arten zu verstehen sind (BMLFUW 2010). In den Maßnahmen der aktuellen Nationalparkstrategie wird, neben anderen Aspekten, der Bedarf an „Forschungs- und Monitoringdaten mit Berücksichtigung möglicher Georeferenzierungsinformationen [...]“ (BMNT 2018, 18) genannt. Diese Maßnahme wird vor dem Hintergrund der Biodiversität angeführt und spiegelt sich auch in den Forschungsarbeiten im Nationalpark Gesäuse der Jahre 2001–2012 wider. Denn zumeist wurden biowissen-

schaftliche Studien umgesetzt, während Untersuchungen, die sich mehrjährig und interdisziplinär den Themen Prozessforschung und Monitoring widmen, eher rar sind (Maringer und Kreiner 2012).

Der vorliegende Beitrag versucht anhand eines Fallbeispiels zu zeigen, dass die Grazer Integrative Geographie zur „Erforschung naturgegebener Dynamik“ (Maringer u. Kreiner 2012, 33) maßgeblich beiträgt. Diese aktuellen Aktivitäten sind als Teil einer langjährigen Forschungstradition unseres Instituts (Kasten 1) zu verstehen und stellen für die Weiterentwicklung des Nationalparks Gesäuse und dessen Forschungsbedarf einen Mehrwert dar. Nicht zuletzt aufgrund der vermehrten medialen Berichterstattung (z. B. ORF 2015, ORF 2020) über unbemannte Luftfahrzeuge (uLFZ) gehen wir darüber hinaus Fragen zur Anwendung dieser Geräte in Schutzgebieten nach. Zudem werden auch Ergebnisse geophysikalischer Messungen als weiteres Beispiel aktueller Arbeiten präsentiert.

2 Fallbeispiel Langgriesgraben

2.1 Lage und Rahmenbedingungen

Der Langgriesgraben (Abb. 1) befindet sich im Einzugsgebiet des Johnsbaches

ZU DEN AUTOREN



Gernot Seier, der Erstautor dieses Artikels, ist seit Juli 2019 PostDoc-Assistent im Bereich der Geotechnologien am Institut für Geographie und Raumforschung in Graz. Er hat an unserem Institut studiert und hier im Jahr 2018 das

Doktorat erworben. Er war als Senior Lecturer an der Montanuniversität in Leoben und als PostDoc an der Universität für Bodenkultur in Wien tätig.

Alle übrigen Autoren sind Mitarbeiter oder Absolventen unseres Instituts, die eine starke Affinität zum Nationalpark Gesäuse besitzen und an den geschilderten Forschungsarbeiten mitgewirkt haben und/oder mitwirken.

und ist geologisch charakterisiert durch dominierenden Hangschutt (Holozän) sowie einer lithologischen Abfolge von Wettersteinkalk über -dolomit (Trias) als Teil der Nördlichen Kalkalpen. Der Langgriesgraben zeichnet sich innerhalb des Johnsbachtales durch einen sehr hohen Geschiebeeintrag und eine hohe Geschiebeumlagerungsrate aus (Lieb u. Premm 2008, Rascher et al. 2018). Daraus ergaben sich als Forschungsfragen, welche geomorphologischen Veränderungen über Jahre hinweg zu beobachten und wie diese methodisch am besten zu quantifizieren sind.

Innerhalb des Langgriesgrabens wird in diesem Fallbeispiel auf den etwa 1,1 km langen Abschnitt vom Johnsbach bis zum aus südlicher Richtung einmündenden Schwarzschiefergraben (Abb. 1) fokussiert. Die Veränderungen des Langgriesgrabens betreffen vor allem den Schotterkörper im Gerinnebett (Abb. 1–3). Prägend für den Langgriesgraben war die jahrzehntelange kommerzielle Schotterentnahme. In den Jahren 2009–2010 wurden Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt (Rascher et al. 2018). Seit damals finden im Langgriesgraben im Wesentlichen natürliche Ab- und Umlagerungsprozesse von Lockergesteinsmaterial statt. Das mithilfe



Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet Langgriesgraben und die Lage der in den weiteren Abbildungen gezeigten vergrößerten Ausschnitte (Grafik: eigene Bearbeitung).



Abb. 2: Der westliche Abschnitt des Langgriesgrabens aus der Perspektive eines unbemannten Luftfahrzeuges (uLFZ), im Hintergrund (links) der Admonter Reichenstein (2251 m; Foto: G. Seier/S. Schöttl/W. Sulzer, 9.8.2019).



Abb. 3: Der östl. Abschnitt des Langgriesgrabens aus der Perspektive eines uLFZ, im Hintergrund der nach links (Norden) fließende Johnsbach (Foto: G. Seier/S. Schöttl, 22.9.2015).

von uLFZ untersuchte Gebiet ist etwa 17 ha und der im Zentrum der Analyse und Ergebnisdiskussion präsentierte Schotterkörper etwa 3,5 ha groß.

2.2 Angewandte Verfahren

Im Kontext geomorphologischer Fragestellungen kommen zunehmend geotechnologische Methoden zum Einsatz. Darunter sind insbesondere die Anwendung von uLFZ und Laserscanning zu nennen, beispielsweise auch im Langgriesgraben (Schöttl et al. 2016, Schöttl et al. 2018, Rascher et al. 2018). Stark vereinfacht besteht das Grundprinzip des Laserscannings aus dem aktiven Aussenden und Wiederempfangen eines an einem gescannten Objekt reflektierten Laserstrahles durch ein Scanner-Gerät, das entweder terrestrisch oder luftfahrzeuggestützt betrieben wird. Unser

Interesse gilt der methodischen Frage, die mithilfe von Laserscanning und uLFZ-basierter Photogrammetrie gewonnenen digitalen Höhenmodelle (DHM) samt den entsprechenden Unsicherheiten gegenüberzustellen, wengleich in diesem Fallbeispiel insbesondere auf die Anwendung von uLFZ Bezug genommen wird.

Die Frage nach den zu wählenden methodischen Verfahren ergibt sich aus den technischen Rahmen- und den Geländebedingungen. So ermöglicht das bemannte luftfahrzeuggestützte Laserscanning zwar flächendeckende Aufnahmen, allerdings nur in verhältnismäßig geringer Bodenauflösung von vielfach etwa 0,5–1 m, wodurch diese Methode nur bedingt zur Beantwortung der Frage nach der Quantifizierung der Materialumlagerungen geeignet erscheint. Terrestrisches Laserscanning ermöglicht demgegenüber

aufgrund der geringeren Distanz eine entsprechend höhere Bodenauflösung, erlaubt allerdings keine flächendeckende Aufnahme. Gerade hier liegen die Stärken im Einsatz von uLFZ, bieten sie doch die Möglichkeit beiden Kriterien gerecht zu werden: Eine hohe räumliche Auflösung bei guter Gebietsabdeckung, wenn auch die Gesamtgebietsabdeckung aufgrund der Flughöhe über Grund deutlich geringer ist, als dies mit bemannten Luftfahrzeugen möglich ist.

Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Abstimmung der Befliegungseinsätze mit den örtlichen Gegebenheiten durch Unterstützung des Nationalparks, um eine Beeinträchtigung von Arten und Lebensräumen möglichst auszuschließen. Die Anwendung solcher Geräte, die an unserem Institut bereits seit 2010 erfolgt, ist in der Auswertung der Bildaufnahmen an die

Kasten 1: Forschungen der Grazer Integrativen Geographie im Nationalpark Gesäuse

Die aktuellen Aktivitäten der Grazer Integrativen Geographie ordnen sich in eine lange Tradition von Forschungsaktivitäten im Nationalpark Gesäuse ein, wobei an dieser Stelle nicht auf jene Arbeiten eingegangen wird, die schon vor der Gründung des Nationalparks (2002) von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unseres Instituts in der Region durchgeführt wurden. Hingewiesen sei jedoch auf die Mitwirkung an der Machbarkeitsstudie für den Nationalpark, zu der die Grazer Geographie die geomorphologische Analyse beigetragen hat. Diese Arbeit stellt gewissermaßen auch den Startschuss für eine bis heute durchgängige Serie an Forschungen im Nationalpark Gesäuse dar. Diese Forschungstätigkeiten zeichnen sich durch eine große inhaltliche Vielfalt und Fokussierungen auf unterschiedliche Untersuchungsgebiete innerhalb des Nationalparks aus. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit in der Nennung der Arbeiten können dabei folgende Aktivitäten unterschieden werden:

- Meist im Kontext von Forschungsprojekten entstanden einige Abschlussarbeiten, u. a. Remich (2001), Seiss (2005), Premm (2007), Stangl (2009), Grünwald (2014), Zinner (2014), Krenn (2016), Schöttl (2017) und Rascher (2020).
- Konkrete Forschungsaktivitäten widme(te)n sich primär abiotischen Prozessen wie etwa der Erfassung und Quantifizierung von geomorphologischen Formen und Prozessen (wie in diesem Beitrag dargelegt) oder der Analyse von (lokal)hydroklimatischen Bedingungen. Als übergeordnetes „Dach“ dieses Bündels von Aktivitäten fungiert eine von U. Strasser ins Leben gerufene „Kooperationsplattform Johnsbachtal“ (Strasser et al. 2013), die auch Personen und Organisationen anderer Wissens- und Interessensgebiete umfasst. Beispiele für (im Beitrag nicht genannte) Publikationen hierzu sind Ortner et al. (2015) und Stangl et al. (2016).
- Schließlich stellt die Umsetzung des in den anderen Aktivitätsfeldern generierten Wissens (und dessen Erweiterung durch integrativ-geographische Zugänge) im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung einen bedeutenden Schwerpunkt dar. Die dabei erstellten Produkte sind (bisher) primär dem Bereich Science-to-Public zuzuordnen und wurden zum Großteil auch in Nationalpark-nahen Medien veröffentlicht. Beispiele hierfür sind Bauer u. Lieb (2013), Hasitschka u. Lieb (2012) und Lieb et al. (2017).

photogrammetrische Herangehensweise geknüpft. Dies unterscheidet sich insofern

von Laserscanning, als Fotoaufnahmen mithilfe von bekannten, vermessungstechnisch erfassten Punkten entzerrt und georeferenziert werden. Wie beim Laserscanning kann somit ein digitales Abbild (DHM) der Erdoberfläche (bzw. der sich darauf befindenden Objekte) und zusätzlich ein Orthophoto, d. h. ein geometrisch entzerrtes Luftbild, erstellt werden.

2.3 Ergebnisse

In Abb. 4(b) ist das Ergebnis der Differenzen der DHM aus den Jahren 2015 und 2019 dargestellt. Daraus ist zu schließen, dass der östlichste und untere Abschnitt des Langgriesgrabens im Wesentlichen durch Aufschotterung mit einer Mächtigkeit von etwa 0,5–2 m zwischen 2015 und 2019 gekennzeichnet war. Im kürzeren Zeitraum August 2019 bis Oktober 2019 waren hingegen nur verhältnismäßig kleine Bereiche von nennenswerten Änderungen betroffen (Abb. 4(a)). Die abgelagerten Sedimente stammen zum einen aus den Gräben weiter taleinwärts, zum anderen aber auch aus den unmittelbar angrenzenden Hängen, wie durch den Vergleich der Orthophotos aus 2015 und 2019 deutlich wird (Abb. 4(c,d)). Die Abtragung und Rückverlegung der Geländekanten am unteren Ende des Grabens betrug an beiden Seiten bis zu etwa 2–3 m.

In Abb. 5 werden ergänzend zu den Veränderungen der Jahre 2015–2019 auch die geodätisch ermittelten unabhängigen Kontrollpunkte (UKP) angeführt, wodurch die Zuverlässigkeit der Datensätze an diesen ausgewählten Punkten nachgewiesen werden kann. Eine Ausnahme in Bezug auf diese Bezeichnung stellen die Punktmessungen aus 2015 dar, da diese (vergleichsweise wenigen) in der photogrammetrischen Auswertung verwendet wurden und daher als Passpunkte (PP) anzusprechen sind. Die Unsicherheiten der Datensätze können anhand der Höhenabweichungen aller UKP [$n = 22$ (2015, hier Passpunkte), 142 (August 2019) und 113 (Oktober 2019)] zum jeweiligen DHM durch Mittelwerte von 0,01–0,04 m (Daten 2015, August und Oktober 2019) sowie Standardabweichungen (SD) von 0,03–0,05 m (Daten August und Oktober 2019) bzw. 0,2 m (Daten 2015) beschrieben werden. Daraus ergaben sich zur Bestimmung des Schwellenwertes, der zur Unterscheidung aussagekräftiger Änderungen von möglichen fehlerhaften Differenzen

herangezogen wird (dreifache SD), Werte von $\pm 0,15$ m. Diese Bereiche wurden daher in den Karten transparent ausgewiesen (Abb. 4(a,b)).

Ergänzend dazu erlauben geoelektrische Widerstandsmessungen einen Blick in den Untergrund. Dadurch wird beispielsweise ersichtlich, dass der Schotterkörper im unteren Abschnitt des Langgriesgrabens zum Zeitpunkt der Datenerhebung am 11.11.2019 ab einer Tiefe von etwa 2 m mit Grundwasser gesättigt war (Abb. 6). Weitere entsprechende Messungen am selben Profil sollen zeigen, wie sich im Laufe eines Sommers der Grundwasserkörper des Langgriesgrabens verändert.

2.4 Schlussbemerkungen zum Fallbeispiel

Für die Erfassung des zentralen, unteren und vegetationsfreien Bereiches des Langgriesgrabens kann festgehalten werden, dass uLFZ-basierte Aufnahmen zur Bereitstellung sehr hochauflösender Daten (Bodenaufösungen im Bereich weniger Zentimeter) am besten geeignet sind (Schöttl 2017). Auch im Rahmen dieses Fallbeispiels konnte mit der Anwendung von uLFZ eine passende Vorgangsweise – im Sinne von aussagekräftigen Ergebnissen – zur Erfassung und Quantifizierung geomorphologischer Veränderungen vorgestellt werden. Änderungen des Schotterkörpers im Langgriesgraben lagen in den Jahren 2015–2019 in der Größenordnung einiger Meter und dies betrifft sowohl die Breite des Grabens als auch die Mächtigkeit des Schuttkörpers.

3 Diskussion

Angesichts der medialen Aufmerksamkeit, die durch uLFZ und deren Verwendung zu Freizeit-, gewerblichen und Forschungszwecken ausgelöst wird – die etwa als „Invasion der Drohnen“ angesprochen wird (ORF 2015) – wäre anzunehmen und wünschenswert, dass auch damit verbundene Gefahren thematisiert werden. Allein mit Hinblick auf die Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf nationaler Ebene – erst seit 2014 gibt es entsprechende luftfahrtgesetzliche Grundlagen (BMK 2020) – und auch international (EASA 2020) wird deutlich, dass das juristische Bewusstsein für den Umgang mit uLFZ und damit einhergehende Rege-

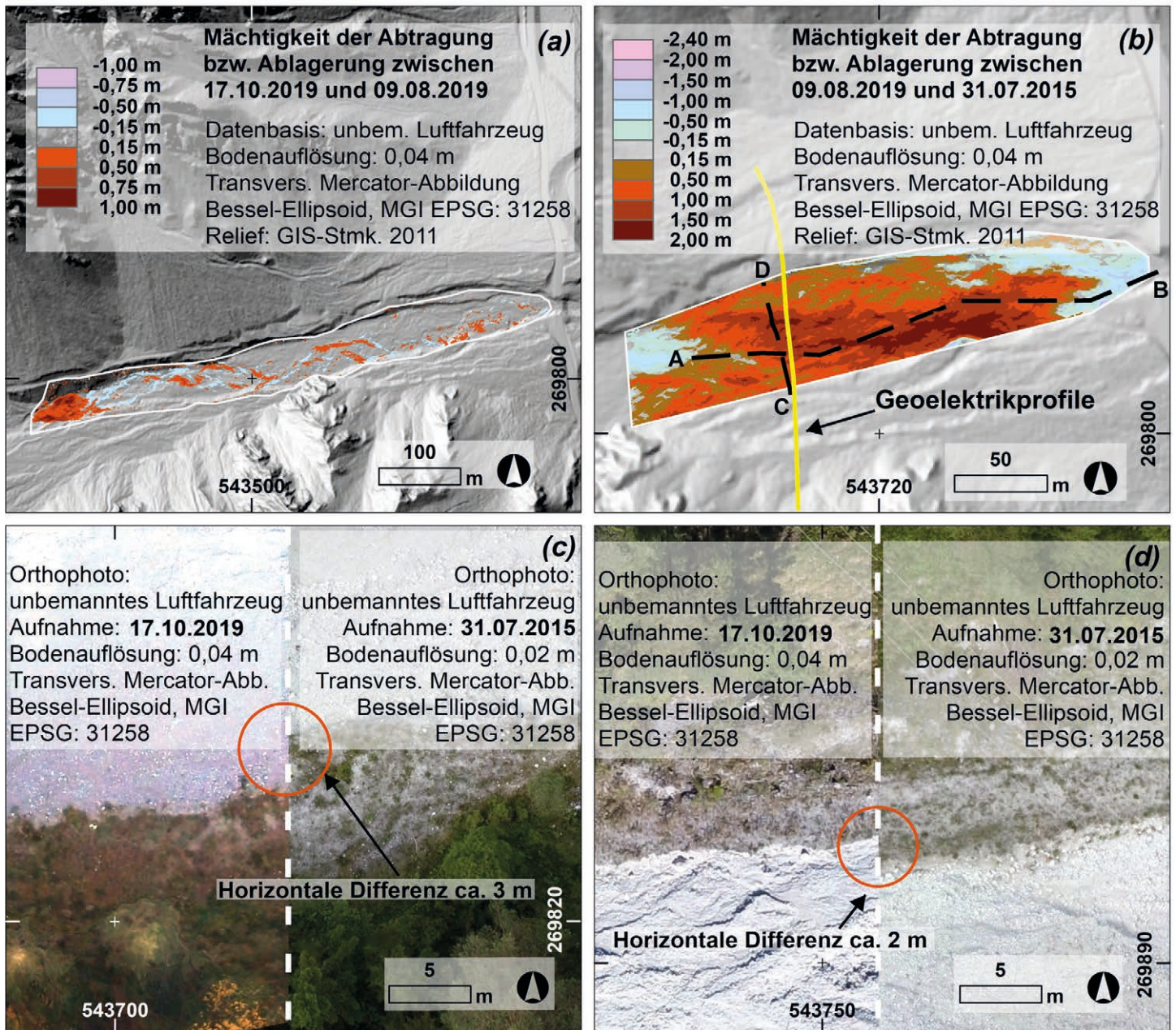


Abb. 4: Veränderungen im Langgriesgraben: Abtragungs- und Ablagerungsareale (letztere mit positiven Werten) im zentralen und östlichen Abschnitt des Langgriesgrabens zwischen (a) August und Oktober 2019 bzw. (b) Juli 2015 und August 2019. Weiters sind die (b) Profilverläufe AB bzw. CD (siehe Abb. 5) sowie (b) die Lage der Geoelektrikprofile (siehe Abb. 6) dargestellt. Die Abbildungen (c) und (d) zeigen die Veränderungen der Geländekanten zwischen 2015 und 2019 (Grafik: eigene Bearbeitung).

lungen erst in den vergangenen Jahren entstanden sind. Gleichmaßen bleibt auch für die anwendenden Personen zu hoffen, dass mittlerweile ein bewusster und damit die Gefahren berücksichtigender und minimierender Umgang mit uLFZ eher der Regelfall sein sollte, als dies vielleicht noch vor wenigen Jahren der Fall war.

ULFZ werden auch in Schutzgebieten angewendet. Diesbezügliche Fachliteratur kann vereinfacht als durch zwei Zugänge geprägt beschrieben werden: V. a. in Zusammenhang mit Wildtieren und deren Erfassung und Monitoring werden uLFZ als vorteilhafte methodische Alternative oder Ergänzung propagiert, während an-

dererseits kritische Stimmen in Bezug auf mögliche Auswirkungen auf die von diesen Geräten aufgenommene Fauna ebenso in wissenschaftliche Diskussionen Einzug gehalten haben (Kasten 2).

4 Fazit

Durch diesen Beitrag wurde versucht hervorzuheben, dass die Grazer Integrative Geographie gerade in den im Nationalpark Gesäuse bisher eher unterrepräsentierten, aber dennoch als wesentlich angesehenen Forschungsbereichen in den Themenfeldern Geomorphologie, Hydrologie und Klimatologie aktiv war und ist,

aber auch zu Science-to-Public-Aktivitäten sowie zu Bildungsangeboten seit Jahren einiges beitragen konnte. Die Anwendung moderner Verfahren kann zudem als Beitrag gesehen werden, die Umsetzung der Nationalparkziele zu unterstützen. Die unterschiedlichen Herangehensweisen der Grazer Integrativen Geographie (uLFZ-basierte Photogrammetrie, Laserscanning, Geophysik etc.) erlauben es, verschiedene Aspekte zu beleuchten und können daher als Mehrwert für den Nationalpark eingestuft werden. Solange die Anwendung von uLFZ bewusst erfolgt, sodass eine mögliche Beeinträchtigung der sensiblen Tierwelt im Nationalpark minimiert wird,

sind diese Geräte als Bereicherung im Forschungskontext zu sehen. Unabhängig von den gewählten Methoden fühlt sich die Grazer Integrative Geographie weiterhin dem Nationalpark Gesäuse stark verbunden und beabsichtigt, die beschriebenen und andere Aktivitäten auch in Zukunft fortzuführen.

Danksagung

Für ihre Unterstützung bei den Geländeeinsätzen ist an dieser Stelle Nora Landl, Sarah Kostka und Raphael Glück herzlich zu danken.

Abb. 5: Höhenprofile aus den digitalen Höhenmodellen (DHM) der Jahre 2015 und 2019 sowie der unabhängigen Kontrollpunkte (UKP) bzw. Passpunkte (PP): (a) Querprofil CD, (b) Längsprofil AB entlang der PP (Grafik: eigene Bearbeitung).

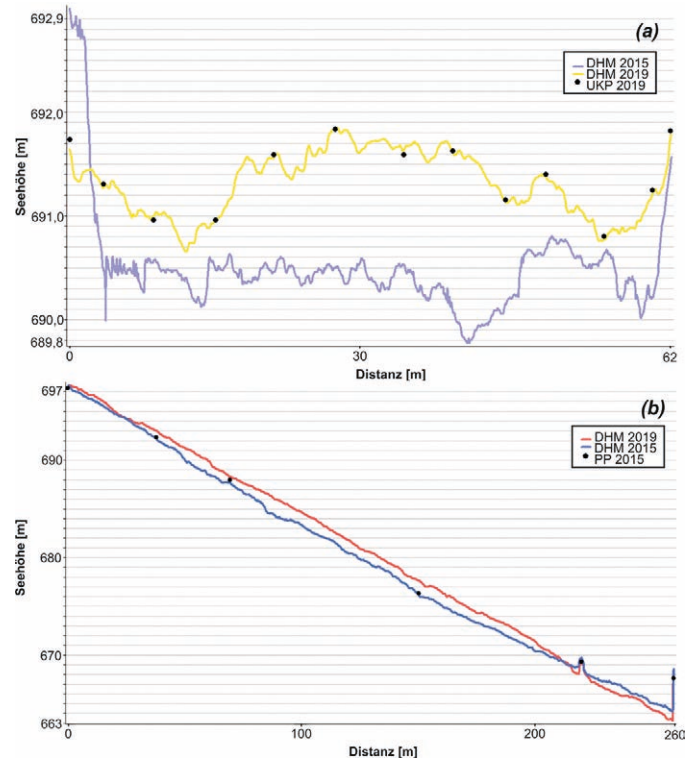
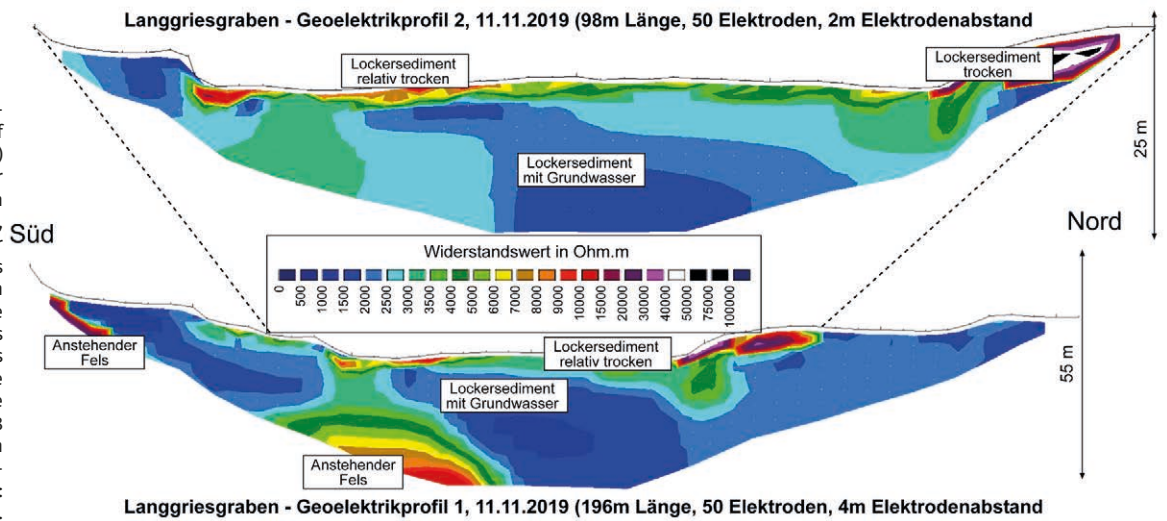


Abb. 6: Talquerprofile im Langgriesgraben (Lage und Verlauf der Profile siehe Abb. 4(b)) mit den Ergebnissen zweier geoelektrischer Messungen entlang desselben Profils, aufgenommen im November 2019. Ziel dieser Arbeiten ist es Grundwasserveränderungen im Bachbett zu untersuchen. Die untere Grafik zeigt das Ergebnis des ersten, 196 m langen Profils in grober Auflösung, die obere Grafik zeigt Detailergebnisse des zentralen Profilverlaufs (98 m). Beide Profile zeigen auch Interpretationen zur Untergrundbeschaffenheit (Grafik: A. Kellerer-Pirklbauer).



Kasten 2: Die Anwendung von unbemannten Luftfahrzeugen in Schutzgebieten

ALPARC (2018) stellt ein Beispiel für die Thematisierung der Anwendung von uLFZ in Schutzgebieten dar, wenn auch diese Tagungsbeiträge zumeist auf die erfassten Wildtiere und weniger auf Schutzgebiete an sich eingehen. Als methodisch-technische Ergänzung zu satelliten- und flugzeuggestützter Fernerkundung werden uLFZ unter Bezug auf den zunehmenden Bedarf bei ökologischen und biologischen Fragestellungen und im Umweltmanagement-Kontext thematisiert (Anderson u. Gaston 2013, Hodgson u. Koh 2016, Wang et al. 2019, Ancin-Murguzur et al. 2019). Wich u. Koh (2019) bezeichneten uLFZ gar als „conservation drones“ und empfahlen diese für den praktischen Naturschutz. Guo et al. (2018) schätzten uLFZ als unverzichtbar in der biodiversitätsbezogenen Fernerkundung ein, da Einzeltiere und ganze Populationen erfasst werden können. Reintsma et al. (2019) zeigten, dass uLFZ einen geringeren Einfluss bei der Untersuchung von Wasservögeln haben als herkömmliche Methoden, da dadurch rascheres und beeinträchtigungärmeres Arbeiten ermöglicht wird. Auch die Studie von Vas et al. (2015) stellt ein Beispiel für Testflüge dar, die zumeist keine Reaktionen der Tiere hervorriefen.

Bennitt et al. (2019) zeigten, dass nur wenige Studien darüber existieren, wie Säugetiere auf uLFZ reagieren. So zeigten Säugetiere beim Einsatz von uLFZ unter 60 m ü. Gr. und in einer Entfernung von weniger als 100 m zu den Individuen fast ausnahmslos eine Reaktion. Diese Reaktion wurde in der Studie als negative Beeinträchtigung gewertet und daraus der Bedarf an entsprechenden Regelungen zur Verwendung der Geräte abgeleitet. Ditmer et al. (2015) gaben ein weiteres Beispiel, das die Beeinträchtigung von Wildtieren infolge der Anwendung von uLFZ nachweist. Rümmler et al. (2016) zeigten in einer Testreihe unter Fokussierung auf den Einfluss von uLFZ auf Pinguine, dass eine zumindest kurzzeitige Verhaltensänderung gegeben ist, was als Störeinfluss gewertet wurde. Mulero-Pázmány et al. (2017) fassten zusammen, dass Wildtierreaktionen neben den uLFZ und deren Art der Verwendung und Spezifikationen auch von den Tieren selbst abhängen, wie etwa der Tierart – Vögel etwa zeigten generell mehr Reaktionen –, und daher werden Richtlinien zur Verwendung von uLFZ im Kontext von Wildtieren empfohlen.

LITERATUR

- ALPARC – The Alpine Network of Protected Areas (2018):** Conference Presentations: Unmanned Aircraft Systems (Drones) in Protected Areas. Letzter Zugriff am 15.01.2020: <http://www.alparc.org/alpine-resources/unmanned-aircraft-systems-drones-in-protected-areas-i-conference-presentations-2>
- Ancin-Murguzur F.J., Munoz L., Monz C., Hausner V.H. (2019):** Drones as a tool to monitor human impacts and vegetation changes in parks and protected areas. In: *Remote Sensing in Ecology and Conservation* (in press), doi:10.1002/rse2.127
- Anderson K., Gaston K.J. (2013):** Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. In: *Frontiers in Ecology and the Environment* 11 (3), 138–146, doi:10.1890/120150
- Bauer C., Lieb G. K. (2013):** Johnsbacher Almen (Gesäuseberge). Mensch-Umwelt-Beziehungen im Wandel der Zeit. In: *GeoGraz* (Grazer Mitteilungen der Geographie und Raumforschung) 52, 33–40.
- Bennitt E., Bartlam-Brooks H.L.A., Hubel T.Y., Wilson A.M. (2019):** Terrestrial mammalian wildlife responses to Unmanned Aerial Systems approaches. In: *Scientific Reports* 9 (2142), doi:10.1038/s41598-019-38610-x
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020):** Drohnen-Vorschriften. Letzter Zugriff am 30.01.2020: <https://www.bmvi.gv.at/themen/luftfahrt/sicherheit/drohnen/vorschriften.html>
- BMLFUW (Hg.) (2010):** Österreichische Nationalpark-Strategie. Ziele und Visionen von Nationalparks Austria. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMNT (Hg.) (2018):** Nationalpark-Strategie Österreich 2020+. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- Ditmer M.A., Vincent J.B., Werden L.K., Tanner J.C., Laske T.G., Iazzo P.A., Garshelis D.L., Fieberg J.R. (2015):** Bears Show a Physiological but Limited Behavioral Response to Unmanned Aerial Vehicles. In: *Current Biology* 25 (17), 2278–2283, doi:10.1016/j.cub.2015.07.024
- EASA – European Aviation Safety Agency (2020):** Civil drones (Unmanned aircraft). Letzter Zugriff am 21.01.2020: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>
- Guo Q., Hu T., Jiang Y., Jin S., Wang R., Guan H., Yang Q., Li Y., Wu F., Zhai Q., Liu J., Su Y. (2018):** Advances in remote sensing application for biodiversity research. In: *Biodiversity Science* 26 (8), 789–806, doi:10.17520/biods.2018054
- Grünwald T. (2014):** Das Klimastationsmessnetz im Johnsbachtal und eine erste Auswertung der Daten. Unveröffentlichte Magisterarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Hasitschka J., Lieb G. K. (2012):** Naturkundlicher Führer Johnsbacher Almen. Ein kulturgeschichtlicher Wanderführer. Naturkundlicher Führer Bundesländer, Band 18 (hrsgg. v. Österreichischen Alpenverein), Admont, Graz.
- Hodgson J.C., Koh L.P. (2016):** Best practice for minimising unmanned aerial vehicle disturbance to wildlife in biological field research. In: *Current Biology* 26 (10), R404–R405, doi:10.1016/j.cub.2016.04.001
- Krenn P. (2016):** Kartierung und Evaluierung von Sedimenttransport-Prozessen in der Zwischenschmückerstrecke, Johnsbachtal. Unveröffentlichte Masterarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Lieb G., Premm M. (2008):** Das Johnsbachtal – Werdegang und Dynamik im Formenbild eines zweigeteilten Tales. In: *Nationalpark Gesäuse* (Hrsg.), Schriften des Nationalparks Gesäuse 3, 12–24.
- Lieb G., Hasitschka J., Kreiner D., Sass O. (2017):** Felsstürze im Gesäuse – zwischen Naturgefahr und Motor für Artenvielfalt. In: *Im Gseis* 28, 4–7.
- Maringer A., Kreiner D. (2012):** Forschungskonzept 2013–2023 im Nationalpark Gesäuse. Letzter Zugriff am 30.01.2020: https://www.nationalpark.co.at/images/b_forschung/Forschungskonzept_2013-2023_NPGesaeuse.pdf
- Mulero-Pázmány M., Jenni-Eiermann S., Strebler N., Sattler T., Negro J.J., Tablado Z. (2017):** Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. In: *PLoS ONE* 12 (0178448), doi:10.1371/journal.pone.0178448
- ORF – Österreichischer Rundfunk (2015):** „Invasion der Drohnen“. Letzter Zugriff am 15.01.2020: <https://sciencev2.orf.at/stories/1763889/index.html>
- ORF – Österreichischer Rundfunk (2020):** Flughäfen fehlt Schutz vor Drohnen. Letzter Zugriff am 30.01.2020: <https://orf.at/stories/3152094/>
- Ortner F., Brantl D., Meyer L., Steininger K., Sass O. (2015):** Economic and Ethical Consequences of Natural Hazards in Alpine Valleys (EE-Con). In: *Geophysical Research Abstracts* 17, EGU2015-1515.
- Premm M. (2007):** Konzeption eines Geomorphologie-Erlebnisweges im Nationalpark Gesäuse für das digitale Medium PDA. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Rascher E., Rindler R., Habersack H., Sass O. (2018):** Impacts of gravel mining and renaturation measures on the sediment flux and budget in an alpine catchment (Johnsbach Valley, Austria). In: *Geomorphology* 318, 404–420, doi:10.1016/j.geomorph.2018.07.009
- Rascher E. (2020):** Sodyn-X: Environmental sedimentology of mountain regions. Human impact on sediment dynamics in unglaciated alpine catchments (Johnsbach Valley, Austria). Unveröffentlichte Dissertation, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Reintsma K.M., McGowan P.C., Callahan C., Collier T., Gray D., Sullivan J.D., Prosser D.J. (2019):** Preliminary Evaluation of Behavioral Response of Nesting Waterbirds to Small Unmanned Aircraft Flight. In: *Waterbirds* 41 (3), 326–331, doi:10.1675/063.041.0314
- Remich B. (2001):** Geomorphologische Grundlagenerhebung und Bewertung im Projektgebiet Nationalpark Gesäuse. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Rümmler M.-C., Mustafa O., Maercker J., Peter H.-U., Esefeld J. (2016):** Measuring the influence of unmanned aerial vehicles on Adélie penguins. In: *Polar Biology* 39 (7), 1329–1334, doi:10.1007/s00300-015-1838-1
- Schöttl S. (2017):** Das Potenzial von UAV-Daten zur Erfassung der Sedimentdynamik: eine Fallstudie aus dem Nationalpark Gesäuse. Unveröffentlichte Masterarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Schöttl S., Rascher E., Sass O. (2018):** Der Langgriesgraben – ein dynamischer Raum im Gesäuse und Gegenstand intensiver Forschung. In: *Im Gseis* 30, 4–7.
- Schöttl S., Seier G., Rascher E., Sulzer W., Sass O. (2016):** UAS-based quantification of sedimentary body changes at Langgriesgraben, Styria, Austria. In: *Geophysical Research Abstracts* 18, EGU2016-15077-1.
- Seiss M. (2005):** Landschaftsökologische Untersuchungen in Johnsbach unter der besonderen Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Stangl J. (2009):** Gravitative Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.
- Stangl J., Rascher E., Sass O. (2016):** Comparative analysis of sediment routing in two different alpine catchments. In: *Beylich A.A., Dixon J.C., Zwolinski Z. (eds.): Source-to-sink fluxes in undisturbed cold environments*. Cambridge: University Press, 362–375.
- Strasser U., Marke T., Sass O., Birk S., Winkler G. (2013):** John's creek valley: a mountainous catchment for long-term interdisciplinary human-environment system research in Upper Styria (Austria). In: *Environ Earth Sci* 69, 695–705, doi:10.1007/s12665-013-2318-y
- Vas E., Lescroël A., Duriez O., Boguszewski G., Grémillet D. (2015):** Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. In: *Biology Letters* 11 (20140754), doi:10.1098/rsbl.2014.0754
- Wang D., Shao Q., Yue H. (2019):** Surveying wild animals from satellites, manned aircraft and unmanned aerial systems (UASs): A review. In: *Remote Sensing* 11 (1308), doi:10.3390/rs11111308
- Wich S.A., Koh L.P. (2019):** Conservation drones: Mapping and monitoring biodiversity. Oxford University Press, Oxford.
- Zinner P. (2014):** Simulation von Gesteinsfeuchte und Verwitterungsbedingungen im Nationalpark Gesäuse. Unveröffentlichte Magisterarbeit, Inst. f. Geographie u. Raumforschung, Universität Graz.