

SedInOut

*Entwicklung einer Methodik zum Risk-Management
durch standardisierte Abschätzung des
Sedimenteintrages von Massenbewegungen im
Gebirgsbereich*

Fernerkundung (WP 3)

**Markus Dörfler¹, Markus Keuschnig¹, Gerald Valentin², Ludwig
Fegerl²**

¹GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

²Land Salzburg - Abteilung 6 – Geologischer Dienst

Inhaltsverzeichnis

Fernerkundung.....	3
Zusammenfassung	3
Schwerpunkt	4
Projektergebnisse der InSAR-Analyse	5
Geologische Untersuchungen & Geländebegehungen	9
Einleitung und Veranlassung.....	9
Geodaten	9
Methodik	10
Interpretation und Fazit.....	11
Untersuchungsbereiche für die Geländeverifizierung.....	12
Danksagung	16
Literaturverzeichnis	17

Fernerkundung

Zusammenfassung

Fernerkundungsmethoden gelten als ein leistungsfähiges Instrument zur Erfassung und Quantifizierung von Massenbewegungen in alpinen Regionen. Im Rahmen des Interreg SedInOut-Projekts wurde ein Best-Practice-Ansatz für diese Anwendung entwickelt.

Dieser Bericht beinhaltet die Beschreibung der verschiedenen Methoden und Produkte, die im Bereich der Fernerkundung eingesetzt wurden. Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf der Anwendung der InSAR-Analyse. Neue Erkenntnisse und Datensätze werden vorgestellt und in einem praktischen Beispiel angewendet. Eine Checkliste und umfangreiche Tabellen sollen dabei helfen, gute Entscheidungen bei der Anwendung dieser Methoden zu treffen. Die Ergebnisse der InSAR-Analyse sind online unter

<https://www.salzburg.gv.at/sagismobile/sagisonline/map/Bauen%20und%20Wohnen/InSAR>
verfügbar.

Schwerpunkt

Dieses Kapitel beschreibt die fernerkundungsbasierte Erfassung alpiner Massenbewegungen in Lockermaterial. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse von hangspezifischen Kriech- und Gleitbewegungen. Nach der Definition von Krauter (1990) liegt der Geschwindigkeitsbereich einer solchen Bewegung zwischen Millimetern und Metern pro Jahr (

Tabelle 1).

Prozessart	Geschwindigkeitsbereich nach Krauter (1990) & Häfeli (1967)	Bezeichnungen (Beispiele)
<i>Kriechen</i>	mm pro Jahr bis mm pro Tag	Soil creep, debris creep, block creep, debris flow creep
<i>Gleiten/Rutschen</i>	mm pro Jahr bis m pro Stunde	Felsgleitung, Bodenrutschung, Schuttrutschung
<i>Fließen</i>	m/s	Schlammstrom, Erdstrom, Schuttstrom, Mure
<i>Fallen/Stürzen</i>	größer als 20 m pro Sekunde	Bergsturz, Felssturz, Blocksturz, Steinfall
<i>Komplex</i>	Komplex und variabel	
- <i>Kriechen/Gleiten/Rutschen</i>	mm pro Jahr bis mm pro Tag	Talzus Schub, Bergzerrei ßung, Sackung
- <i>Kriechen/Gleiten/Rutschen</i>	mm pro Jahr	Blockbewegung

Tabelle 1. Definition von Gravitationsprozessen basierend auf Geschwindigkeitsparametern (Abgeändert nach GBA 2002; Krauter, 1990).

Zur Identifikation dieser Bewegungsraten kann eine breite Palette von Fernerkundungsmethoden herangezogen werden. Im Rahmen des SedInOut-Projekts wurde jedoch hauptsächlich die satellitengestützte InSAR-Analyse (Interferometric Synthetic Aperture Radar) angewendet. Zu den verfügbaren Daten gehören insbesondere spektrale und multispektrale Satellitendaten, X-, C- und L-Band-Radarsatellitendaten sowie die ALS (Airborne Laser Scanning) Daten der Bundesländer. Darüber hinaus ist es möglich, diese Datentypen durch Hubschrauber- oder Drohnenbefliegungen mit hochauflösenden Datensätzen zu ergänzen. Im Vergleich zu den genannten Datentypen sind diese Datensätze jedoch nicht dauerhaft und flächendeckend verfügbar.

Projektergebnisse der InSAR-Analyse

Im Rahmen des SedInOut-Projekts wurden Satellitendaten der Sentinel-1-Mission verwendet, um Hotspots langsamer Massenbewegungen im projektspezifischen Untersuchungsgebiet zu ermitteln. Dazu wurden 230 Satellitenbilder aus dem aufsteigenden Modus und 264 Bilder aus dem absteigenden Modus für das Zeitfenster 2015 - 2020 analysiert. Als Verarbeitungsalgorithmus für das Unwrapping der Interferogramme wurde der SqueeSAR® (Ferretti, 2011) Algorithmus von TRE ALTAMIRA verwendet. Das Analyseergebnis umfasst einen Datensatz von etwa 2,8 Millionen Messpunkten, die allesamt eine Zeitreihe von mindestens 230 Zeitstempeln enthalten. **Abbildung 1** liefert einen Überblick über die große Anzahl an Messergebnissen. Selbst in diesem Übersichtsmaßstab sind bereits einige große Massenbewegungen erkennbar, wie z.B. die große Hangbewegung bei Krimml (a.), die Massenbewegung am Wasserradkopf (b.) und die Hangrutschungen in den Karen oberhalb des Muhrtales (c.). Daraus wird ersichtlich, dass die InSAR Methode das Potenzial birgt, einen schnellen Überblick über großflächige Bewegungshotspots zu liefern.

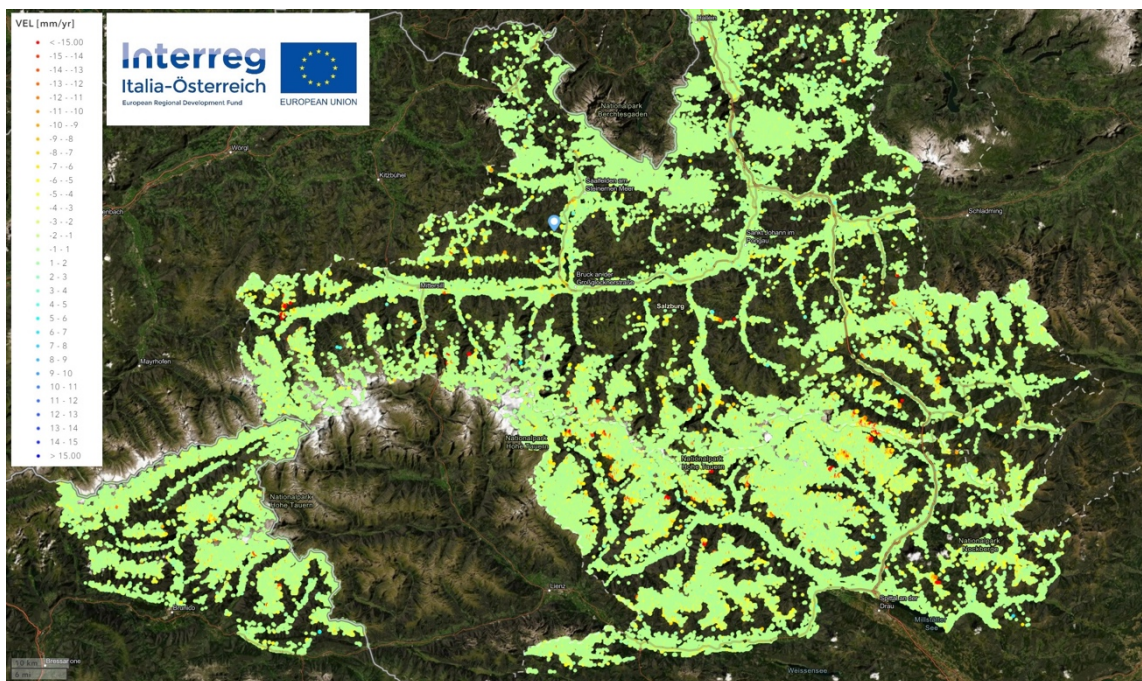


Abbildung 1. Ergebnisse der Sentinel-1-basierten InSAR-Analyse innerhalb des projektspezifischen Untersuchungsgebietes.

Abbildung 2 beinhaltet eine detaillierte Darstellung der Untersuchungsergebnisse am Wasserradkopf. Hier wurden zwei verschiedene Algorithmen (SqueeSAR® und FASTVEL) miteinander verglichen. Während SqueeSAR® in der Lage ist Bewegungen in Millimetergenauigkeit zu detektieren, stößt der Algorithmus bei sehr schnellen Bewegungsraten, die typisch für das Gebiet am Wasserradkopf sind, an seine Grenzen. Zur Ergänzung können andere Algorithmen, wie z.B. FASTVEL (FASTVEL 2022) verwendet werden. Diese erreichen bei weitem nicht so genaue Messwerte, jedoch sind sie in der Lage schnelle Bewegungsraten zu erkennen.

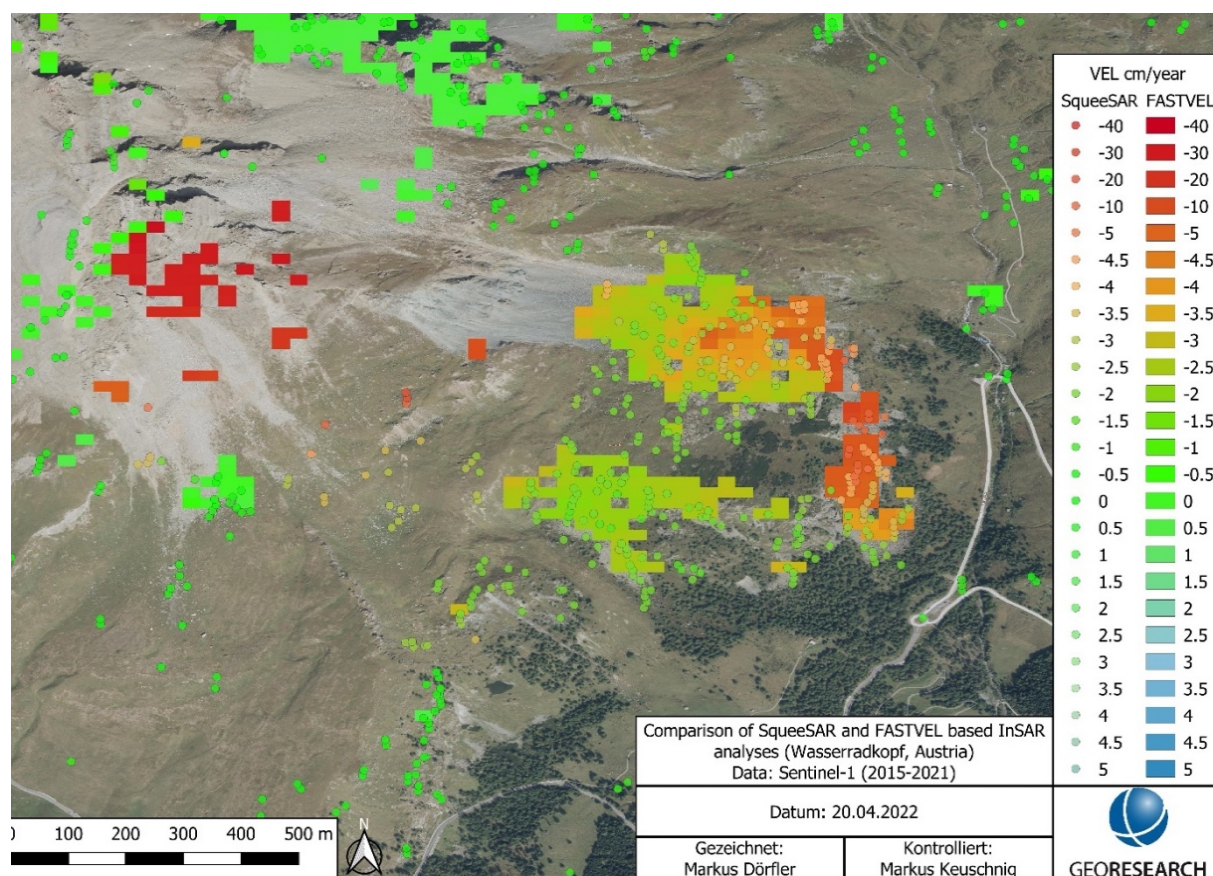


Abbildung 2. Vergleich der Ergebnisse der Unwrapping-Algorithmen SqueeSAR und FASTVEL.

Die im Rahmen des SedInOut-Projekts durchgeführten InSAR-Analysen liefern ein eindrückliches Beispiel über das großräumige Anwendungspotenzial von InSAR in Gebirgsregionen. Exemplarisch wird hier ein Ausschnitt aus dem Muhrtal (Lungau, Salzburg) vorgestellt, der eine für den Alpenraum typische Dreiteilung hinsichtlich der Verfügbarkeit und Qualität von InSAR-Daten zeigt: (i) entlang des besiedelten und mit verschiedenen Infrastrukturen (Straßen, Stromleitungen, etc.) erschlossenen Talbodens ist die Datendichte hoch, was vor allem auf die exzellente Radar Reflektivität der künstlichen Strukturen zurückzuführen ist (**Abbildung 3a**: blauer Bereich); (ii) an den bewaldeten Talflanken ist die Datenverfügbarkeit erwartungsgemäß äußerst gering, InSAR-Reflektoren treten nur sehr sporadisch auf (**Abbildung 3a**: grüner Bereich); (iii) in den Regionen oberhalb der Waldgrenze hingegen ist die Punktdichte wiederum hoch, was auf das günstige Reflexionsverhalten von räumlich-und zeitlich kontinuierlichen Fels- und Schuttformationen zurückzuführen ist (**Abbildung 3a**: roter Bereich).

InSAR-Analysen sind vor allem für den Nachweis von langsamen Kriech-, Fließ-, Senkungs- und Hebungsbewegungen sehr hilfreich. Im Fallbeispiel des Muhrtales sind deutliche Oberflächenbewegungen nordöstlich der Harrerspitze (siehe I in **Abbildung 3b**), nördlich des Oblitzen (siehe II in **Abbildung 3b**) und nördlich des Ochsenkopfes (siehe III in **Abbildung 3b**) erkennbar. Als Beispiel zeigt **Abbildung 3c** die detaillierte Analyse der Massenbewegung unterhalb der Harrerspitze, die eine lineare Bewegung und eine Gesamtverschiebung von etwa 100 mm für den Zeitraum 2016-2020 aufzeigt. Die Darstellung einer Verschiebungskurve (**Abbildung 3c**) eignet sich hervorragend zur Veranschaulichung der Kinematik großer Massenbewegungen. Außerdem liefern sie ein eindrückliches Beispiel für die Relevanz der InSAR-Analysen in der Erhebung von potenziell gefährlichen Beschleunigungen. Durch die InSAR-basierte Detektion dieser Bewegungsraten können Hangbewegungen oder drohende Sedimenteinträge in Wildbachsysteme frühzeitig erkannt werden (automatische Erkennung von nichtlinearen Verschiebungen).

Neben langsamen Hangbewegungen sind auch Schutzbauten für ein InSAR-basiertes Monitoring geeignet. Unter der Voraussetzung, dass keine dichte Vegetation vorhanden ist (Kronenschluss), stellen größere Schutzbauten aufgrund ihrer konstanten Geometrie geeignete Radarreflektoren dar und können dementsprechend über einen längerem Beobachtungszeitraum überwacht werden.

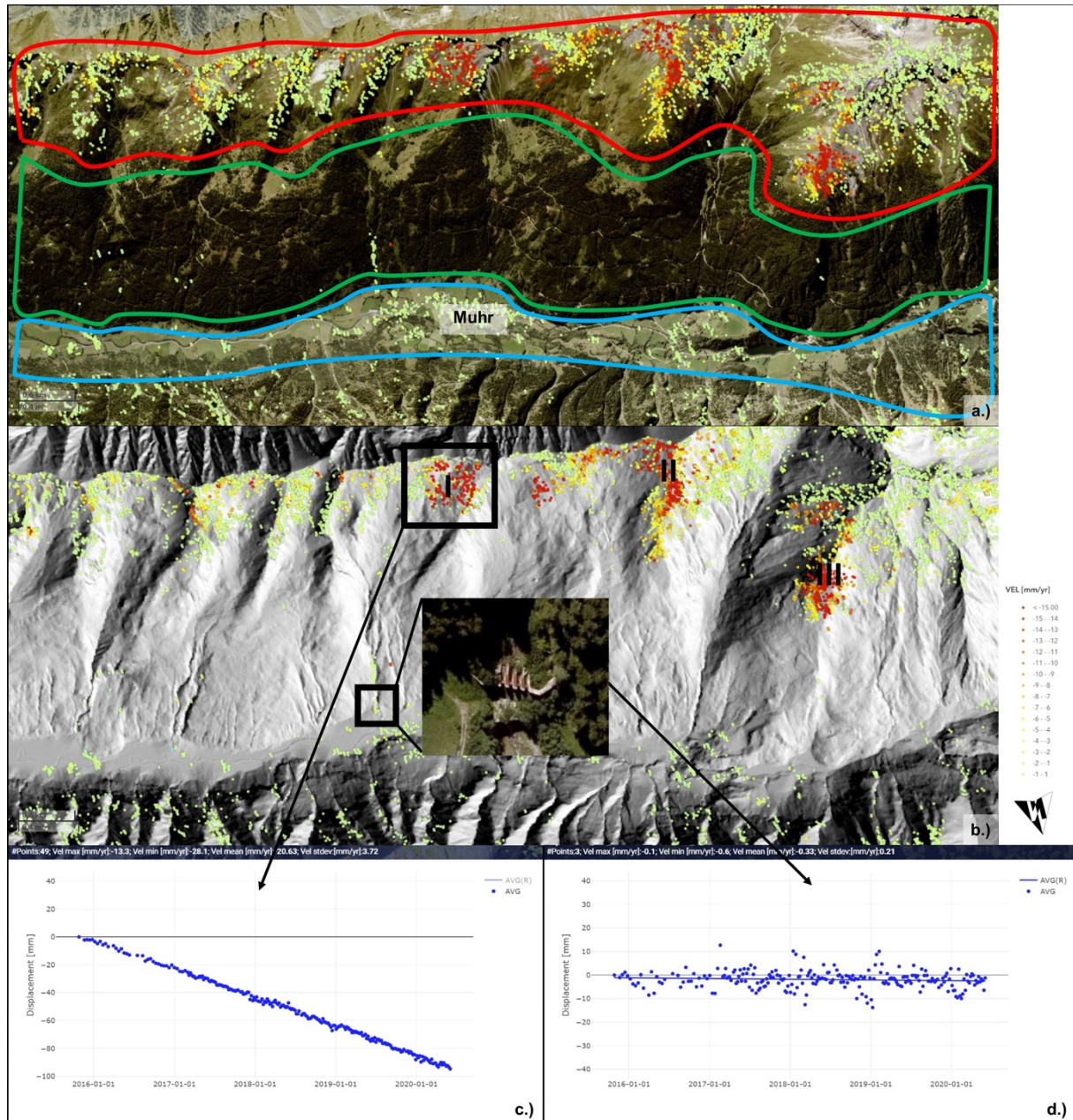


Abbildung 3. Fallbeispiel Muhrtal (Lungau, Salzburg). Das Gebiet weist eine hohe InSAR-Punktdichte entlang der Talsohle (Gebäude und Infrastrukturen) und oberhalb der Baumgrenze (Fels und Schutt) auf.

Geologische Untersuchungen & Geländebegehungen

Einleitung und Veranlassung

Im Rahmen des Interreg Projektes „SedInOut“ wurde die Detektion von Oberflächenbewegungen über InSAR Daten für ein Testgebiet in Österreich, Bayern und Südtirol umgesetzt. Der Fokus des Projektes liegt auf der Erhebung der Sedimentverfügbarkeit und Geschiebebereitstellung. Zusätzlich gilt es die Ergebnisse der InSAR-Analysen im Gelände zu evaluieren, das Erfordernis bzw. den Mehrwert der Geländearbeit zu erheben und Aussagen über Möglichkeiten und Grenzen der Methodik aus diesem Blickwinkel zu treffen. So wurde die Detailuntersuchung von Massenbewegungen im Bundesland Salzburg über eine Geländebegehung vereinbart.

Die Arbeiten sind dem Arbeitspaket WP3 zuzuordnen. Der Bericht gibt einen Überblick über die Arbeiten, führt dann allgemeine Erkenntnisse und Erfahrungen zusammen, um dann spezifisch auf die einzelnen Untersuchungsgebiete einzugehen.

Geodaten

Durch die Verfügbarkeit von Datengrundlagen zu Geologie (Geologische Bundesanstalt), Morphologie, Bewuchs, Landschaftsentwicklung (SAGIS), Naturgefahren-Ereignissen stehen in Ergänzung zu den im Zuge dieses Projektes erarbeiteten InSAR-Daten sehr gute Datengrundlagen für die Erkennung von Massenbewegungen zur Verfügung. Diese sind über Open Government WebPortale und Web-Applikationen frei verfügbar.

Methodik

Die vielsagende grafische Aufbereitung der online zur Verfügung stehenden Daten ermöglicht eine rasche Einschätzung über Prozessgeschehen in der Natur. Dies erweist sich jedoch insofern als trügerisch, als die Daten teilweise erhebliche Unsicherheiten, bzw. Ungenauigkeiten aufweisen und in der Natur Prozesse oftmals überlagert vorliegen. So sind die geologischen Karten der GBA (Geologische Bundesanstalt) aufgrund der Unschärfen teilweise nur als Anlehnung geeignet. Dies betrifft sowohl die Lithologien als auch die Abgrenzungen. Gründe dafür sind einerseits im Maßstab, dem ständigen Wissenszuwachs seit Veröffentlichung und der mittlerweile vorliegenden aussagekräftigen GIS-Grundlagen zur Morphologie (ALS-Daten) zu suchen. Die **ALS (Airborne Laserscan)** Daten mit Schummerung, Hangneigung, Exposition, Profilschnitten sind ein fantastisches Werkzeug, um aus Oberflächenformen auf ihre Entstehung zu schließen. Die Praxis zeigt jedoch, dass die tiefergehende und prozessspezifische Interpretation erhebliche Erfahrung erfordert und dennoch nicht zu unterschätzenden Unsicherheiten unterliegt. Diese können durch Geländekenntnis und örtliches historisches und geologisches Wissen aber stark reduziert werden. Die **InSAR-Daten** stellen erstmals hochgenaue Bewegungsinformationen zur Verfügung. Bisher konnten abseits von Vermessungsinformationen aus ALS-Daten, DKM-Studien (Digitales Kartographisches Modell) und Luftbild- wie Orthofotoanalysen zwar Abschätzungen über Geländebewegungen getroffen werden, die Fehleranfälligkeit und Ungenauigkeit aufgrund äußerer Faktoren (Verzerrungen in Folge der Georeferenzierung, Kameraposition, etc.) erwies sich in der Regel aber als sehr groß. Die InSAR-Daten bieten durch die hohe zeitliche Dichte an Messungen eine große Zuverlässigkeit und Genauigkeit an. Sehr schnell sind über die Messwerte in der Gesamtschau Einschätzungen über Qualität der Messdaten, Materialitäten und Bewegungsverhalten möglich. Die Methodik unterliegt aber ebenso Umständen, welche einer fachkundigen Interpretation und Erfahrung bedürfen. So sind grundlegend systembedingt die N-S Bewegungen unterrepräsentiert. Steile Täler und bewaldete Bereiche sind nicht oder nur eingeschränkt abgedeckt. Im Prozessierungsverfahren erfolgen weiters Filterungen der Daten über Algorithmen, deren interdisziplinäre Tragweite und Relevanz insbesondere für geologische Prozesse noch Gegenstand von Optimierungen und Detailforschungen sein wird müssen. Für die gegenständlichen Untersuchungen sind die InSAR-Daten ein sehr gutes Indiz für Aktivität. Die Überlagerung von Prozessen, insbesondere in Verbindung mit morphologischen Vorinformationen (ALS-Schummerung) verleitet aber auch hier zu Fehlschlüssen. Mehrfach zeigten sich rasche Bewegungen im Gelände als seichtgründige Umlagerungen und

Konsolidierungen innerhalb einer Sturzhalde. So zeigt die Erfahrung dieser Untersuchungen, dass grobe und aktive Haldenbereiche aus den Abbruchbereichen großer Massenbewegungen durch die Methodik gut erfasst werden (viele Reflektoren), eine Extrapolation der Raten auf die Aktivität der Hangbewegung im Liegenden aber nicht zulässig ist. Speziell der Fall Lahngries im Weißpriachtal ergab auf Grundlage der Fernanalyse klare Indizien für einen großen Talzus Schub (muschelförmige Strukturen, Bergzerreissungen, Einengung des Talquerschnitts etc.), die InSAR-Daten zeigten eine rasche Aktivität an. Der Geländebefund erbrachte jedoch als Grund für die InSAR-Aktivität Umlagerungen in der Sturzhalde einer störungs- und gefügebedingt höchst aktiven Bergzerreissung im Gratbereich. Blockgletscher, Endmoränenwälle und auch Lawinenablagerungen bieten aufgrund der Korngrößen und des fehlenden Bewuchses im Regelfall gute Reflektoren. Durch ihr Fehlen ist die Aktivität dieser oftmals sedimentologisch sehr turbulenten Ablagerungsräume dokumentiert. Damit erscheinen auch Rückschlüsse auf Resteiseinhalt bei bereits zur Ruhe gekommener Stirnzone möglich.

Generell hat der Entfall von Reflektoren teilweise keine, teilweise große Aussagekraft. Er kann auf Bewuchs, turbulente und/oder rasche Aktivität, Abschattung, Oberflächenveränderung, etc. zurückgeführt werden. Dieser offensichtliche Spagat sei stellvertretend für viele kleinere, teilweise oben aufgeworfene Interpretationsspielräume und wesentliche Rahmenbedingungen aber als Argument für die Bedeutung der fachkundigen Beurteilung und Geländeevaluierung vorgebracht. Es ist das Zusammenführen von Grundlagen, Wissen und Erfahrung das den optimalen Nutzen aus den Daten eröffnet. Schließlich ist aber auch der Blick des Fachmanns nicht immer ungetrübt, nüchtern und objektiv. Ein Hinterfragen der eigenen Schlüsse und, wenn möglich, eine fachliche Diskussion ist daher unabdingbar.

Interpretation und Fazit

Ein Ziel der Untersuchungen war es, Aussagen über die Geschiebebereitstellung durch die Massenbewegungen über die Anwendung von InSAR-Daten zu gewinnen. Der Zugang dahingehend war, Untersuchungsgebiete auf Grundlage der Faktoren Vorfluter, aktive Bewegung und Lockergestein zu definieren und in Folge als Feldarbeitsgebiete Detail zu untersuchen. Die Festlegung der Untersuchungsbereiche 1. – 9. erfolgte im Zuge eines Abstimmungsgesprächs mit dem Landesgeologischen Dienst und GEORESEARCH.

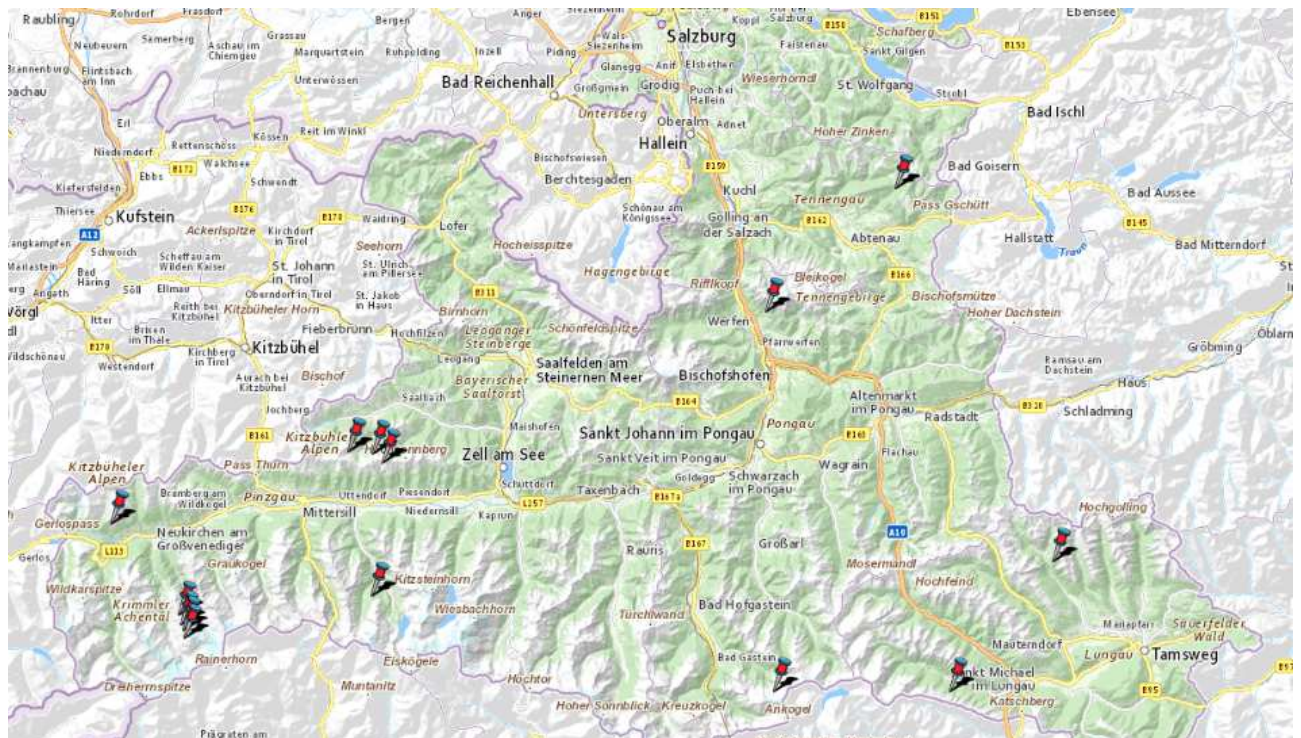


Abbildung 4. Übersicht über das Land Salzburg, die Untersuchungsgebiete sind hervorgehoben (Quelle: SAGIS).

Untersuchungsbereiche für die Geländeverifizierung

1. Abtenau – Postalmstraße
2. Pfarrwerfen – Fallsteingraben
3. Uttendorf – Steinkarlhöhe;
4. Weißpriach – Lahngries
5. a) Saalbach – Stoffen Hochalm, b) Saalbach – Berger Grundalm-Vogelhof Grundalm, c) Uttendorf Hochsaalbachkogel
6. Bad Gastein – Tischlerkar
7. Muhr – Watschergraben
8. Neukirchen am Großvenediger – Sattelkar; Ofenkar; Mitterkar; Steinkar
9. Wald im Pinzgau – Gernkogel/Hinterwaldberg

Die folgenden Untersuchungsgebiete zeigen direkte Interaktionen mit dem Vorfluter:

- 1: an der Postalmstraße in Abtenau,
- 2. am Fallsteingraben in Pfarrwerfen,
- 5a. Stoffen Hochalm,
- 5b. Berger/Voglhof Grundalm in Saalbach,
- 5c. Hochsaalbachkogel in Uttendorf,
- 6. das Tischlerkar in Bad Gastein und
- 9. Gernkogel/Hinterwaldberg in Wald im Pinzgau 9.

Damit ist die Wirkung des Vorfluters durch Erosion auf den Prozess oder Teile davon zu verstehen.

Indirekte Einflüsse auf den Vorfluter (Folgeprozesse) werden in folgenden Untersuchungsgebieten festgestellt:

- 3. die Großmassenbewegung Steinkarlhöhe in Uttendorf,
- 4. Lahngries im Weißpriachtal
- 7. der Karbereich von Dorfer- und Watschergraben im Muhrtal
- 8. Das Sattelkar in Neukirchen am Großvenediger,

Hier kommt es in Folge von Bewegungen zu Einstürzen von Rutschungen. Die Aktivität der Geschiebebereitstellung unterscheidet sich sehr stark. Wo die Bereiche Postalmstraße, Fallsteingraben, Lahngries, Tischlerkar, Sattelkar und Gernkogel/Hinterwaldberg erhebliche Geschiebemengen zur Verfügung stellen, sind Bereiche wie die Rutschung am Dorfergraben, Steinkarlhöhe, Hochsaalbachkogel und die Almen in Saalbach über Jahrzehnte kaum bis nicht aktiv geschiebebringend. Entsprechend kamen Letztere erst durch die InSAR-Daten in den Fokus, wogegen erstere durch vorangegangene Ereignisse bereits bekannt waren. Das Geschiebepotential verhält sich ebenso. Das oftmalige oder beinahe kontinuierliche Dargebot der Bereiche Postalm, Fallsteingraben, Lahngries, Tischlerkar, Sattelkar und Gernkogel/Hinterwaldberg ist in seinem Potential weitaus besser einschätzbar.

- An der *Postalmstraße* handelt es sich um Einstöße von seichten Rutschungen und Großblöcken, sowie Dargebot durch Ufererosion.

- Der *Fallsteingraben* reagiert in gleicher Form, wobei Ufererosion durch den rückschreitenden Prozess des zentral innerhalb der Rutschung entspringenden Längsgräben hier nachrangig ist.

- Der steile Graben am *Lahngries* hat durch oftmalige seitliche Mureinstöße in den Vorfluter und großes kontinuierliches Potential für Nachbrüche im Einzugsgebiet den Talraum geprägt. Die Einengung und große Übersarungsflächen in dem von geringem Längsgefälle geprägten

Weißpriachtal machen den Materialtransport abschätzbar. Eine rückschreitende Erosion durch die Engstelle entlang des Haupttales ist durch eine Felsschwelle unterbunden.

- Im *Tischlerkar* ist die Aktivierung der jüngst freigewordenen glazialen Sedimente (Endmoränen, Blockgletscher) in Folge von Starkniederschlägen maßgeblich. Durch Steigen der Schneefallgrenze sind in diesem hochalpinen Raum konzentrierte, rasche Abflüsse und damit schnelle und großvolumige Geschiebemobilisierung dokumentiert. Das Potential ist aufgrund der kleinräumig vielen, gleichwertigen Ablagerungen nach wie vor gegeben und steigt mit dem Verschwinden der Eiskerne weiter an, bis freie Fließwege durch die Querstrukturen entstanden sind.

- Das *Sattelkar* hat in den letzten 20 Jahren mehrere große Muren verursacht. Das Hauptpotential liegt in einem temporären Verlegen des Obersulzbaches mit einem sturzflutartigen geschiebereichen Abflussgeschehen. Befürchtet wird eine Ausweitung der Bewegungen auf die Folgekare im Süden.

Das Sattelkar und seine Nachbarkare wurden aufgrund der laufenden intensiven wissenschaftlichen Bearbeitung schließlich im Zuge dieses Projektes in Abstimmung mit dem Landesgeologischen Dienst nicht weiter untersucht.

- Der Bereich *Gernkogel/Hinterwaldberg* steuert das Abflussgeschehen und den Geschiebeandrang der Oberen Salzach maßgeblich. Einseitig weitgehend von anstehendem Fels begrenzt, ist an der Nordseite durch aktive und durch Ufererosion beeinflussbare Rutschungen über mehrere Kilometer beinahe unbegrenzt Geschiebe vorhanden. Da die Bewegungen, vom Einhang abgesehen, bis in die Gipfelregion beinahe gleichförmig erfolgen ist ein ständiges, massives Potential vorhanden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Prozesse durch Ufersicherungs- und Konsolidierungsmaßnahmen verzögerbar sind, bzw. die Amplitude der Ereignisse reduziert werden kann. Die weniger bekannten Bereiche Karzonen von Dorfergraben/Watschergraben, Steinkarlhöhe, Hochsaalbachkogel und die Almen in Saalbach wurden im Zuge der gegenständlichen Untersuchungen bewertet.

- So sind *Dorfer- wie Watschergraben* in ihren Karen von hochalpinen großvolumigen Massenbewegungen geprägt, die aber nicht direkt mit einem Vorfluter in Verbindung stehen. Ihr Ursprung liegt in glazialen Blockgletscherkörpern. Der Karboden würde selbst im Falle einer raschen Aktivierung von Teilen aus dieser Masse wirksam als Rückhalteraum dienen. Die dennoch erhebliche Aktivität der muraktiven Gräben ist auf die Karschwelle und ihren Unterlauf zurückzuführen.

- Die *Steinkarlhöhe* ist im Fußbereich durch sehr große Blockgrößen ausgezeichnet, deren Erosionspotential verschwindend gering ist. Das Hauptgefährdungspotential geht für diesen Bereich von Teilaktivierungen im Stirnbereich aus, welche zu einer Verlegung des Baches führen könnten. Der Talraum ist jedoch ausreichend breit, das Geschiebe so feinteilarm, dass ein maßgeblicher Aufstau und damit ein größeres Gefährdungspotential nicht realistisch erscheint.
- Am *Hochsaalbachkogel* liegt die Hauptbewegung oberhalb des Vorfluters. Das Gerinne ist in den Felsen eingeschnitten. Damit sind Einstöße aus seichterem Rutschungen das relevante Szenario. Diese können jedoch Muren auslösen.
- An der *Stoffen Hochalm* zeigt sich der Einhang des Gerinnes nicht aktiv bewegt. Die aktive Masse liegt fast 200 m oberhalb des Grabens einem inaktiven Talzuschub auf. Ein Erosionspotential ist gegeben, und in Folge von Hochwässern auch mit einem Verlegen des Gerinnes in diesem Bereich zu rechnen. Dieses Szenario ist im Gelände sedimentologisch bereits verwirklicht gewesen.
- Die Großmassenbewegung an der *Berger- und Voglhof Grundalm* ist eine großvolumige und genetisch durch den Vorfluter unbeeinflusste Massenbewegung. Die Bewegungen erfolgen so langsam, Gerinne sind seitlich ausgebildet, sodass kein relevantes Potential für Muren aus diesem Bereich besteht. Der Hang hat dennoch mit einem Teillobus zu einer Verengung des Talquerschnitts geführt, an dem durch Ufererosion Material mobilisierbar ist. Zur InSAR-gestützten Quantifizierung des Geschiebedargebotes von Massenbewegungen im Rahmen weiterer Forschungsaktivitäten empfiehlt sich auf Grundlage der Untersuchungen der Fokus auf die Massenbewegungen 1. Postalmstraße und 9. Gernkogel/Hinterwaldberg, da hier die kontinuierliche Bewegung der gesamten Flanke durch ihre Vorfluter abgeführt werden muss.

Spezifischer Teil – Untersuchungsbereiche

Die Geländearbeit erfolgt dabei in folgenden Schritten:

1. Erhebung von digitalen Grundlagendaten (GIS) und Vorarbeiten.
2. Kartierung im Gelände
3. GIS-Bearbeitung und Aufbereitung der Kartierung in Form eines Berichtes.

Wesentliche Grundlagen der Untersuchungen stellen OGD-Daten wie Geologische Karten und GEOFAST-Karten 1:50.000, sowie Profilschnitte des Webservice der Geologischen Bundesanstalt

(GBA) dar. Die digitalen Grundlagen (GIS) werden als OGD durch das Land Salzburg (SAGIS) zur Verfügung gestellt. Die Kartierung gilt dabei geologischer, geomorphologischer und hydrogeologischer Beobachtungen mit Fokus auf die gegenständlichen gravitativen Prozesse. Die grafische Darstellung erfolgt aus Gründen der besseren Lesbarkeit bevorzugt auf durch den Landesgeologischen Dienst Salzburg zur Verfügung gestellte Luftaufnahmen. Wo sinnvoller wurden auch klassische Geodaten wie Laserscanaufnahmen (Schummerung) und Orthofotos für die Darstellung herangezogen. Es wurden textliche Beschreibungen und Fotodokumentationen der Massenbewegungen angefertigt, welche in einem gesonderten Bericht für jeden Untersuchungsbereich angeführt werden.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Projektmitarbeitern des Landes Salzburg, vor allem bei Gerald Valentin, ohne ihn wäre dieses Projekt nicht möglich gewesen. Gleichmaßen bedanken wir uns bei Ludwig Fegerl für die hervorragende Zusammenarbeit. Weiter möchten wir uns bei dem Team der GEORESEARCH, namentlich Markus Dörfler, Markus Keuschnig und Ingo Hartmeyer, recht herzlich für den guten Projektablauf bedanken. Abschließend bedanken wir uns beim gesamten Team des Projektes SedInOut. Der enthusiastische Gedanken-und Informationsaustausch war während der gesamten Projektlaufzeit für den Erfolg des Projektes von großer Bedeutung.

