



Misurazioni GPS sullo scivolamento al Moosfluh a partire dal 1° maggio 2015. Nel 2015, con 1-2 mm al giorno la velocità era notevole, nel 2016 lo scivolamento ha accelerato. L'accelerazione è ben visibile con la curva in rosso (Moo2). Nell'ottobre 2016 Moo2 avanzava con una velocità di 897 mm al giorno. Anche le altre curve evidenziano un aumento nell'autunno 2016.

## **Anhang 1**

### **Frühwarnsystem und Überwachung**

*Eine Beurteilung der Rutschgefahr setzt voraus, dass man diese genau lokalisieren und messen kann. Daraus lassen sich Szenarien und Modellrechnungen ableiten. Deshalb haben die Überwachung und die Frühwarnsysteme hohe Priorität. Die Wahl der Methoden bzw. der Messtechnik ist von zentraler Bedeutung. Die Methoden sollten sich für zuverlässige, präzise, permanente, langfristige, flächige oder linienförmige Überwachungen eignen. Die Systeme sind unter anderem hinsichtlich der Genauigkeit, der Zuverlässigkeit im Gebirge und der Kosten auszuwählen. Grundsätzlich können drei räumliche Arten von Messmethoden zur Überwachung von Massenbewegungen unterschieden werden (nach Vollzugshilfe BAFU 2016):*

a) *Punktmessungen:*

*Beispiele: GPS, Extensometer*

b) *Messungen entlang einer Linie:*

*Beispiel: Neigungsmessungen im Bohrloch, Inklinometer*

c) *Flächendeckende Messungen:*

*Beispiele: LIDAR\*, INSAR\*, Bildaufnahmen\* (\*Satelliten-, Luft- oder Bodenaufnahmen möglich). Der Vorteil von Fernerkundungsmethode sind die grossflächige Abdeckung und die räumliche Auflösung moderner Sensoren. In Gebieten, in denen Prozess-Ausdehnung und -Aktivität unbekannt sind, ist dies besonders wichtig.*

*Während der Auswertung und der Interpretation der Daten werden verschiedene Fragen behandelt:*

- *Wie ist die Entwicklung der Verschiebungen? Dynamik, Bewegungsverhalten und Beschleunigungen?*
- *Sind äussere Einflüsse wie Niederschlag, Eisschmelze oder Temperatur relevant?*
- *Sind Anzeichen für ein plötzliches Ereignis, wie zum Beispiel Felssturz, feststellbar?*

**Quelle:**

*BAFU 2016: Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt BAFU, Umwelt Vollzug Nr. 1608.*

## Anhang 2

### Titel: Satellitenradar für das Monitoring von Rutschungen

Die Radartechnologie basiert auf Mikrowellen, die von atmosphärischen Störungen weniger beeinflusst werden als optische Wellen (sichtbare Wellen). Die meisten Radaranwendungen, terrestrisch oder satellitengestützt, liegen im X-, C- oder L-Band (Wellenlängen von 3-24 cm; Frequenzen von 1-10 GHz).

In einer interferometrischen Analyse werden zwei Radaraufnahmen ausgewertet und verglichen; ähnlich wie bei der Photogrammetrie werden so Veränderungen, beziehungsweise Verschiebungen zwischen den zwei Aufnahmen dargestellt. Sind von einem Gebiet mehrere Aufnahmen mit gleichen geometrischen und physikalischen Eigenschaften (mode) verfügbar, so können statistische Analysen durchgeführt werden. Mit dieser Methode werden in beliebig vielen Radarbildern immer die gleichen Reflektoren (Punkte) gesucht, um eine mittlere Verschiebungsrage zu ermitteln. Man nennt diese Methode „Persistent Scatterer“ (PS). Die relativen Verschiebungsempfindlichkeiten liegen im Millimeter- bis Zentimeterbereich.

Die Methode der interferometrischen synthetischen Apertur des Radars wird in Kurzform „INSAR“ genannt (INterferometric Synthetic Aperture Radar).

Satellitenradardaten stehen seit Anfang der 90er-Jahre für zivile Anwendungen in grossen Teilen Europas zur Verfügung. Die Europäische Weltraumagentur ESA startete beispielsweise im Jahr 1991 mit dem Radarsatelliten ERS1.

### Vor- und Nachteile des Monitorings mit Satellitenradar

Satellitenradarinterferometrie hat aufgrund der grossflächigen Anwendungsmöglichkeit ein grosses Potenzial bei der Überwachung von Massenbewegungen und für den Betrieb von Frühwarndiensten. Die Radarmessungen funktionieren auch in der Nacht oder bei schlechten Sichtverhältnissen (z.B. bei Wolkenbedeckung). Und vor allem braucht es im Gelände keine Installationen. Aber diese satellitengestützten Methoden haben auch Nachteile: z.B. eingeschränkte Verfügbarkeit der Satelliten, Störungen durch die Vegetation (Wald, usw.), geometrische Einschränkungen wegen der Messrichtung (die Messungen können nur in Richtung Westen oder Osten erfolgen), topographische Abdeckung in steilen Gebieten (Schattenwurf), atmosphärische Störungen, usw.

## Anhang 3

### **Titel: Warnung vor Massenbewegungsgefahren**

Eine Warnung (Handlungsempfehlung) oder Alarmierung (Handlungsanweisung) ist an eine Entwicklung, d. h. an einen Prozess gebunden. Das sind beispielsweise Warnungen vor Hochwassern, Lawinen oder Felsstürzen. Je nach Prozess hat man mehr oder weniger Zeit zum Warnen.

. Bei einem drohenden Felssturz geht es um Sekunden oder Minuten. Brechen Murgänge im instabilen Lockergestein aus, so stehen meistens mehrere Minuten zur Verfügung. Im Falle einer Hochwassergefahr für Städte wie Bern oder Basel verbleibt beispielsweise mehr Zeit für die Warnung (Stunden bis Tage).

Für die lokale Alarmierung sind grundsätzlich die lokalen Behörden zuständig. In bekannten Gefahrengebieten sind speziell ausgebildete Teams für die Warnung und Alarmierung verantwortlich. Diese Teams beziehen ihre Informationen von eigenen Überwachungssystemen und von den nationalen Institutionen wie dem BAFU. Die Grenzwerte für Massenbewegungen werden fallweise festgelegt. Bei drohender Felssturzgefahr sind es oft Grenzwerte im Millimeter- oder Zentimeterbereich. Handelt es sich um Rutschungen im Lockergestein, so liegen die Grenzwerte normalerweise höher.

Um sich auf ein Naturgefahrenereignis wie einen Felssturz vorzubereiten, greifen die Behörden oder Institutionen auf ein Sicherheitskonzept zurück. Dieses regelt unter anderem die Zuständigkeiten bei Warnungen und Alarmierungen. Folgende Personen und Organisationen können beteiligt sein:

- NaturgefahrenspezialistIn
- Sicherheitsverantwortliche, Sicherheitsdienst, NaturgefahrenberaterIn \*
- Gefahrenkommission, Warnkommission, Warndienst \*
- Gemeindeführungsstab, kommunale Exekutive
- Einsatzkräfte des Bevölkerungsschutzes (Polizei, Feuerwehr, usw.)
- Kantonale Fachstelle, kantonaler Führungsstab
- Bundesstelle, Dritte

\* (mögliche Stufen/Einheiten: Gemeinde, Betrieb: z.B. Bergbahn, Kanton)

Die Wirkung von diesen Schutzmassnahmen ist auch von der individuellen Reaktion der gefährdeten Personen abhängig. Die betroffenen Personen müssen über die Alarmierung informiert sein. Speziell bei akuter Gefährdung müssen sich diese Personen angepasst verhalten. Im Fall der Moosfluh ist es wichtig, dass die Bevölkerung die Sperrung der Wanderwege respektiert.

Die Grenzwerte für das Frühwarnsystem werden vorgängig von Fachleuten spezifisch für jeden Standort festgelegt. Auch das Vorgehen zum Aufheben von Alarmen ist festgelegt. (Grenzwert, Kontrollen, Zuständigkeiten, usw.).

### **Quelle:**

BAFU 2016: Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt BAFU, Umwelt Vollzug Nr. 1608.

