

## **STURZSIM-dfwalk: EIN SIMULATIONSMODELL ZUR MODELLIERUNG DER STEINSCHLAGGEFAHREN**

Die *geo7* AG beschäftigt sich seit 1982 mit der Beurteilung von Naturprozessen, dem Schutz vor Naturgefahren und dem Umgang mit Naturrisiken. Dazu gehören auch die Steinschlaggefahren. Im Rahmen der Entwicklung von Simulationsprogrammen zur Beurteilung von Naturgefahren auf Gefahrenhinweistufe, entwickelte *geo7* AG das Programm *STURZSIM-dfwalk* zur Modellierung der Steinschlaggefahren.

### **MODELLBESCHRIEB: STURZMODELL STURZSIM-dfwalk**

Die Berechnungen zur Ausscheidung der Wirkungsgebiete für Steinschlag erfolgen mit C-Programmen, Eingabe- und Ausgabedaten werden in einer GIS-Umgebung verwaltet. Sämtliche raumrelevanten Daten für grossräumige Simulationen sind heute flächendeckend digital verfügbar. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Qualität des digitalen Höhenmodells. *geo7* AG bietet zusätzlich zur Modellierung, die Erstellung von topographisch korrekten, hochaufgelösten digitalen Höhenmodellen an.

Die Modellierung der Steinschlaggefahren erfolgt mit einem Programmpaket welches aus zwei Modulen besteht, einem:

- Dispositionsmodell, zur Bestimmung der potenziellen Ausbruchgebiete und einem
- Trajektorienmodell, zur Modellierung der Reichweite und Ausbreitung.

Im Modell können die folgenden Parameter berücksichtigt werden:

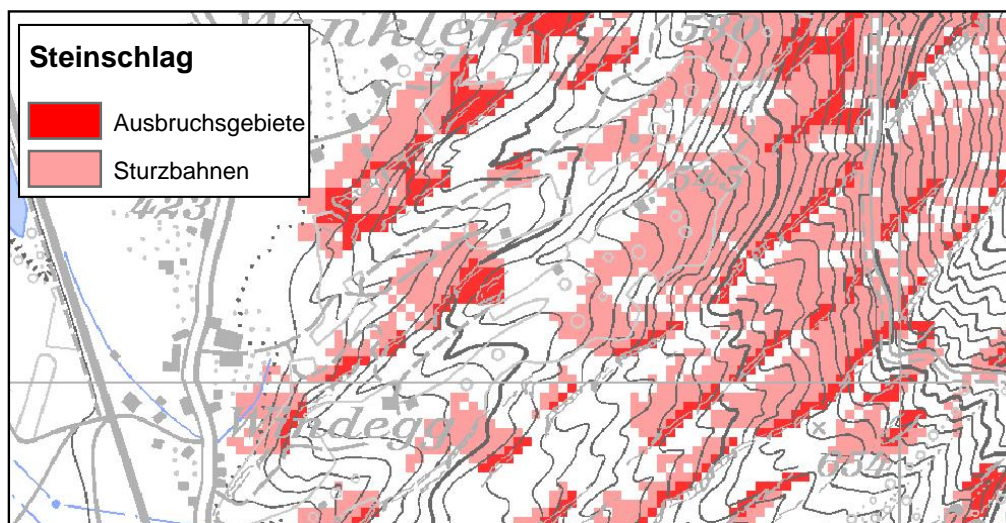
- Topographie des Geländes (DHM10)
- Dämpfung des Untergrundes: Reaktion des Untergrundes beim Aufprall eines Steines
- Wald: ein gesunder Wald kann für Sturzprozesse ein wirksames Hindernis darstellen.

**Dispositionsmodell:** Die Ausscheidung der Ausbruchsbereiche (Sturzquellen) erfolgt anhand der abgeleiteten Hangneigung aus dem Höhenmodell und der Oberflächenbeschaffenheit (Felsflächen, Quelle: Vektor25 L+T). Um bei der Ausscheidung der Gefahrenquellen eine möglichst realistische Grundlage der tatsächlich vorhandenen Felsgebiete zu erhalten, können die Felsgebiete des Vektor25 mit weiteren Felsflächen, z.B. von Übersichtsplänen, ergänzt werden. Dadurch wird gewährleistet, dass kleinere Felsbänder als Gefahrenquellen berücksichtigt werden. Als Ausbruchsbereiche werden zudem nur diejenigen Felsflächen verwendet, welche eine genügend grosse Hangneigung aufwiesen. Dadurch wird verhindert, dass Steinschlag aus flachen Felspartien modelliert wird.

**Trajektorienmodell:** Mit dem Trajektorienmodell werden ausgehend von den Ausbruchgebieten die Sturzbahnen (Reichweiten und Ausbreitung) des Steinschlags modelliert. Eine grosse Bedeutung kommt dabei der Charakterisierung der Transitgebiete zu, da in diesem Abschnitt entscheidende Parameterveränderungen erfolgen. Das Modell berechnet im Transitgebiet der Sturzbahnen abschnittsweise die Energie des stürzenden Steines oder Blockes. Die berechneten Energien sind dabei von den Eigenschaften des Untergrundes entlang der Sturzbahnen abhängig. Treffen die stürzenden Steine und Blöcke, auf weichen Untergrund oder auf einen Untergrund mit unregelmässiger Oberfläche, können sie einen Grossteil ihrer Energie verlieren. Bei hartem Untergrund, z.B. felsigen Partien, und/oder glattem Untergrund, ist der Energieverlust hingegen minimal. Diese Dämpfungs- und Rauigkeitseigenschaften werden bei der Prozessmodellierung berücksichtigt. Für alle Abschnitte der Sturzbahn werden die Oberflächenrauigkeit und die Dämpfung über den Reibungswert  $\mu$  berücksichtigt. So kann auch die Bremswirkung des Waldes berücksichtigt werden.

**Ausbreitung:** Für die Modellierung des Sturzweges wird ein 'random walk' Ansatz verwendet. Bei diesem Ansatz erfolgt die Wahl der Nachfolgerzelle zufällig, jedoch unter Berücksichtigung der Hangneigung und der bisherigen Sturzrichtung des Prozesses (Persistenz). Für die Auswahl weiterer Nachfolger einer Rasterzelle wird ein von der *geo7* AG entwickelter muliflowdirection-Ansatz verwendet. Dieser Ansatz berücksichtigt einen Grenzwinkel, ab welchem eine Ausbreitung überhaupt möglich ist, wie auch die Neigung zu den umliegenden Zellen.

**Reichweite:** Zur Modellierung der Reichweite verwendet das Modell den von Scheidegger (1975) beschriebenen 1 Parameter-Ansatz. Das Modell berechnet, unter Verwendung eines Finite Differenzen-Ansatzes, abschnittsweise die Geschwindigkeit eines stürzenden Blockes oder Steines entlang seines Sturzweges aufgrund der Energiebilanz innerhalb des betrachteten Abschnittes unter Gleichgewichtsbedingungen. Neben der Höhendifferenz und der Länge des Abschnittes fließt zusätzlich der Reibungswert  $\mu$  als bremsender Faktor in die Geschwindigkeitsberechnung ein. Der Reibungswert bestimmt massgebend die Auslaufstrecke. Zu beachten ist, dass das Modell massenunabhängig ist, d.h., dass die Grösse eines Sturzblockes im Modell nicht berücksichtigt wird.



## GENERELLE ANGABEN ZUM MODELL

	<b>Modell LWSIM-dfwalk</b>
Hersteller	<i>geo7</i> AG
Betriebssysteme	Unix, Windows XP
Format Datenein- und ausgabe	Rasterfiles: ESRI-Grid
Beschaffbarkeit/Kosten	Momentan keine verkäufliche Version erhältlich, Modellierung durch <i>geo7</i> AG, Neufeldstr. 5 – 9, 3012 Bern

*geo7* AG, Neufeldstrasse 5 – 9, CH – 3012 Bern

Fon ++41 31 300 44 33

Fax ++41 31 302 76 11

naturgefahren@geo7.ch

www.geo7.ch