

# AVAL-1D: Vorgehen bei einer Fliesslawinenberechnung

## Die wichtigsten Schritte bei der Berechnung einer Fliesslawine:

### 1 Bestimmung des Geländeprofiles

- 1.1 Abstandsregel 80 – 220m
- 1.2 20m Höhendifferenz-Regel im Auslauf
- 1.3 Abrupte Neigungsänderungen in Betracht ziehen
- 1.4 Für die Berechnung von Runsenabschnitten siehe Help-Menü im AVAL-1D (Help → News → Fliesslawine → Trapez-Querschnitt, realistischere Fliesshöhen in Runsen!).

### 2 Festlegung der Lawinenbreite

Nach Beginn der Auslaufstrecke darf keine wesentliche Verbreiterung der Lawine angenommen werden.

### 3 Bestimmung der Anrissmächtigkeit $d_0$

- 3.1 Bestimme  $d_0^*$
- 3.2 Höhen-Korrektur  $\pm 5\text{cm} / 100\text{m}$  (Referenz: 2000 m.ü.M.)
- 3.3 Bestimmung der mittleren Hangneigung in der Anrisszone
- 3.4 Korrektur der Hangneigung mit  $f(\psi)$

### 4 Reibungsparameter $\mu$ und $x$

- 4.1 Bestimmung der Wiederkehrdauer (30 oder 300 Jahre)
- 4.2 Bestimmung der Kanalisierung

4.3 Wahl von  $\mu$  und  $\xi$  (siehe Tabelle hinten...); **WICHTIG:** AVAL-1D macht einen Vorschlag für  $\mu$  und  $\xi$ . Mit **Use SLF proposal** kann dieser Vorschlag übernommen werden, siehe Dialogfenster auf der Rückseite.

### 5 Wahl der Berechnungsparameter

Die Default-Berechnungsparameter müssen meistens nicht verändert werden.

### 6 Berechnung und Überprüfung der Simulationsergebnisse

Für jede Berechnung soll ein neuer Name verwendet werden. AVAL-1D speichert automatisch eine Input-Datei mit demselben Namen ab.

- 6.1 Sind die Simulationsergebnisse realistisch?
- 6.2 Sensitivitätsstudien durchführen.

### 1 Bestimmung des Geländeprofiles

Es muss auf die folgenden Grundregeln geachtet werden:

1. Der schräg gemessene Abstand zwischen zwei Profilverpunkten muss zwischen 80 und 220m betragen.
2. Die Höhendifferenz zwischen zwei Profilverpunkten im Auslaufgebiet sollte mehr als 20m betragen (solange die Regel 1 nicht verletzt wird).
3. Bei einem abrupten Übergang von der Sturzbahn in eine längere horizontale Auslaufstrecke ( $0^\circ$ ) dürfen die Minimalabstände zwischen zwei Profilverpunkten kleiner gewählt werden, um den Übergang besser nachzubilden zu können.
4. Die Charakteristik der Topographie soll möglichst genau nachgebildet werden.

Durch die Regelungen 1-4 wird eine sanfte Glättung der Topographie erzwungen. Diese Glättung ist nicht nur wegen der winterlich "ausgeebneten" Geländeoberfläche notwendig, sondern weil – insbesondere bei Grosslawinen – kleinere topographische Unebenheiten keinen wesentlichen Einfluss auf die Lawine haben. Häufige Hangneigungswechsel führen beim Modell zu einer stärkeren Abbremsung der Lawine als wenn die gleiche Strecke mit einer mittleren Hangneigung berechnet wird. Aus diesem Grund muss eine Mindestdistanz zwischen Geländeprofilpunkten eingehalten werden.

### 2 Festlegung der Lawinenbreite

Die Lawinenbreite muss auf der Grundlage von vorliegenden Karten- und Katasterinformationen sowie Geländebegehungen abgeschätzt werden. Zu beachten ist insbesondere, dass nach dem Beginn der Auslaufstrecke keine wesentliche Verbreiterung der Lawine angenommen werden darf – selbst dann nicht, wenn beobachtete Lawinenereignisse sehr stark in die Breite gehen. Diese konservative Annahme dient der Erhöhung der Sicherheitsmarge. Beim Voellmy-Salm Modell geht man vom gleichen Prinzip aus, denn dort ist die Breite beim Punkt  $P_{Bp}$  massgebend für die Länge der Lawine.

### 3 Bestimmung der Anrissmächtigkeit $d_0$

Das Ausmass des Anrissgebietes ist gegeben durch den Neigungsbereich zwischen  $30^\circ$  ( $28^\circ$ ) und  $50^\circ$ . Die mittlere Anrissmächtigkeit  $d_0$  senkrecht zum Hang wird bestimmt aus:

$$d_0 = d_0^* \cdot f(\psi)$$

wobei gilt:

•  $d_0^*$ : Basiswert, abhängig vom örtlichen Klima (möglicher Schneehöhenzuwachs in 3 Tagen) und von der Wiederkehrperiode  $T$ . Die Richtwerte sind gültig für Meereshöhen von 2000 m.ü.M. und Hangneigungen von  $28^\circ$ . Für höher resp. tiefer gelegene Gebiete gilt ein Zuschlag resp. Abzug von  $5\text{cm} / 100\text{m}$ . Bei Triebsschneeablagerungen in mehr oder weniger grossen Teilen des Anrissgebietes sollen dort die  $d_0^*$  um etwa 0.3 bis 0.5m erhöht werden. Das zur Berechnung massgebende  $d_0^*$  ist der Mittelwert über das ganze Anrissgebiet.

•  $f(\psi)$ : Neigungsfaktor, gegeben durch Schneefestigkeit (erfahrungsgemäss wird angenommen, dass die Festigkeit mit  $d_0^*$  wächst), siehe Tabelle rechts.

### 4 Reibungsparameter $\mu$ und $x$

Der Faktor der turbulenten Reibung  $\mu$  hängt vor allem von der Geometrie der Sturzbahn ab (Rauigkeiten, Kanalisierung, Bäume). Mässige Rauigkeiten können vor allem bei Grosslawinen mit Schnee ausgestrichen werden, deshalb im Zweifelsfall Grösstwert von  $\mu$  nehmen.

Der Reibungskoeffizient  $\mu$  hängt vor allem von den Schneeeigenschaften (Temperatur, Dichte, Wassergehalt) aber auch vom Druck des Lawinenschnees senkrecht zur Bodenoberfläche und von der Geschwindigkeit ab (Abnahme mit grösserer Geschwindigkeit).

### 4.1 Bestimmung der Wiederkehrdauer (30 oder 300 Jahre)

Im Gegensatz zum analytischen Voellmy-Salm-Modell werden die Reibungswerte ebenfalls aufgrund der Wiederkehrdauer variiert. Die Überlegung dahinter ist, dass bei einer Wiederkehrdauer von 30-Jahren nicht nur von einer kleineren Anrissmächtigkeit auszugehen ist, sondern auch von weniger extremen Schneebedingungen.

Tabelle: Neigungsfaktoren  $f(\psi)$

$\psi$ ( $^\circ$ ):	$f(\psi)$ :	$\psi$ ( $^\circ$ ):	$f(\psi)$ :
28	1.0	39	0.62
28.5	0.97	39.5	0.61
29	0.94	40	0.60
29.5	0.92	40.5	0.59
30	0.90	41	0.58
30.5	0.87	41.5	0.57
31	0.85	42	0.56
31.5	0.83	42.5	0.55
32	0.81	43	0.54
32.5	0.79	43.5	0.54
33	0.78	44	0.53
33.5	0.76	44.5	0.52
34	0.74	45	0.52
34.5	0.73	45.5	0.51
35	0.71	46	0.50
35.5	0.70	46.5	0.50
36	0.69	47	0.49
36.5	0.67	47.5	0.48
37	0.66	48	0.48
37.5	0.65	48.5	0.47
38	0.64	49	0.47
38.5	0.63	49.5	0.46
39	0.62	50	0.46

### 4.2 Bestimmung der Kanalisierung (flächig, kanalisiert oder Runse)

Kategorie	Definition
flächig	Höhenlinienkrümmung $> 90^\circ$
kanalisiert	Höhenlinienkrümmung $< 90^\circ$ & Fliessbreite/Fliesshöhe $> 3/1$
Runse	Höhenlinienkrümmung $< 60^\circ$ & Fliessbreite/Fliesshöhe $< 3/1$ , sehr grosse Rauigkeit (Grössenordnung (m))

Für die Berechnung von Runsenabschnitten siehe Help-Menü im AVAL-1D (Help → News → Fliesslawine → Trapez-Querschnitt, realistischere Fliesshöhen in Runsen!).

### 4.3 Wahl von $\mu$ und $\xi$

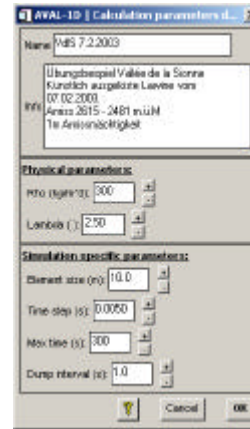
Grosslawine (> 60'000 m <sup>3</sup> )		300-Jahre		30-Jahre	
	Höhenlage (m.ü.M.)	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$
flächlich	ueber 1500	0.16	2500	0.17	2000
	1000 - 1500	0.18	2000	0.19	1750
	unter 1000	0.20	1750	0.21	1500
kanalisiert	ueber 1500	0.20	1750	0.21	1500
	1000 - 1500	0.25	1500	0.26	1500
	unter 1000	0.30	1200	0.31	1200
Runse	ueber 1500	0.30	1000	0.31	800
	1000 - 1500	0.34	750	0.35	600
	unter 1000	0.38	500	0.39	400
Mittelgrosse Lawine (25'000 - 60'000 m <sup>3</sup> )					
flächlich	ueber 1500	0.20	2000	0.21	1750
	1000 - 1500	0.24	1500	0.25	1500
	unter 1000	0.28	1200	0.29	1200
kanalisiert	ueber 1500	0.26	1200	0.27	1200
	1000 - 1500	0.29	1200	0.31	1200
	unter 1000	0.33	1000	0.34	1000
Runse	ueber 1500	0.33	1000	0.34	800
	1000 - 1500	0.37	800	0.38	600
	unter 1000	0.40	500	0.41	400
Kleinlawine & Nassschneelawine (< 25'000 m <sup>3</sup> )					
flächlich	ueber 1500	0.30	1500	0.31	1200
	1000 - 1500	0.32	1200	0.33	1200
	unter 1000	0.34	1200	0.35	1000
kanalisiert	ueber 1500	0.32	1200	0.33	1000
	1000 - 1500	0.34	1000	0.35	800
	unter 1000	0.36	800	0.37	600
Runse	ueber 1500	0.36	800	0.37	600
	1000 - 1500	0.40	500	0.41	400
	unter 1000	0.42	500	0.43	400

AVAL-1D macht einen Vorschlag (rote Linie, siehe unteres Fenster der Benutzeroberfläche) für  $\mu$  und  $\xi$ . Mit **Use SLF proposal** kann dieser Vorschlag übernommen werden, siehe Dialogfenster rechts.

**WICHTIG:** AVAL-1D rechnet **IMMER** mit der weissen Linie!

### 5 Die Berechnungsparameter

Element size (10m), Time step (0.005s), Max time (300s) und Dump interval (1s) können meistens unverändert übernommen werden (Defaultwerte). Nur bei numerischen Instabilitäten müssen sie angepasst werden, siehe Help → FAQ. Rho (300kg/m<sup>3</sup>) und Lambda (2.5) dagegen werden praktisch nie verändert.



Wähle: **Edit → Calculation parameters... → Dense flow**

oder **Toolbar** →

### Eingabe von zusätzlichen Kontrollpunkten (Monitoring Points)

Zur besseren Dokumentation der Simulationsergebnisse wird empfohlen, zusätzliche Punkte entlang des Profils einzugeben. Die maximalen Geschwindigkeiten und Fliesshöhen an diesen Punkten werden in die Log-Datei geschrieben. Zudem werden die Distanzen zwischen diesen Punkten und dem Ende der roten und blauen Druckzone ermittelt. Die Eingabe von solchen Kontrollpunkten ist jedoch nicht zwingend und hat keinen Einfluss auf das Simulationsergebnis (**Edit → Edit topography, M. Point?**).

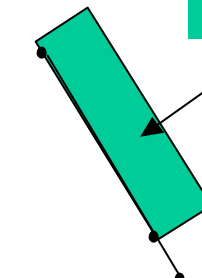
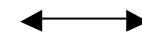
### 6 Berechnen und Überprüfen der Simulationsergebnisse

Es ist sehr wichtig, die Plausibilität der Resultate zu überprüfen. Dies geschieht am besten durch einen Vergleich mit vorhandenen Katasterinformationen, Kontrollrechnungen mit dem Voellmy-Salm Modell oder durch einen Analogievergleich mit ähnlichen Lawinsimulationen. Um eine Beurteilung der Qualität der Simulationsergebnisse zu erhalten, sollten auch Sensitivitätstests durchgeführt werden.

Sowohl das numerische als auch das analytische Modell reagieren sehr sensibel auf Änderungen der Hangneigung im Auslaufbereich, insbesondere, wenn sich die Hangneigung im Bereich von  $\tan \varphi = \mu$  befinden. Ein Unterschied von 0.5° bei diesen Hangneigungen über längere Distanzen kann schon zu beträchtlichen Differenzen in der Auslaufdistanz führen.

Als einfaches Hilfsmittel zur Erkennung von solch kritischen Hangneigungen eignet sich der  $\mu$ -Parameterwert. Bei Grosslawinen sollte man eine Sensitivitätsanalyse durchführen mit einem um 0.01 kleineren  $\mu$ -Wert. Ändert sich die Auslaufdistanz markant, so handelt es sich um eine kritische Hangneigung und man sollte unbedingt – bei Verwendung der normalen Richtwerten für  $\mu$  – durch die Wahl von unterschiedlichen Profilen im Ablagerungsgebiet versuchen, die Unsicherheiten zu eliminieren. Dabei ist immer das Profil massgebend, das zur längsten Auslaufdistanz führt. Bei einer kritischen Hangneigung muss auch die Wahl der Lawinenbreite sorgfältig gewählt werden.

Anrissgebiet



$s < 500m$



**Departure zone parameters**  
Snow height  $d_0$ ,  $d_0$   
Density: 300 kg/m<sup>3</sup> (nicht ändern)

**Dense flow friction parameters**  
Xi z: Vorschlag SLF  
Mum: Vorschlag SLF  
Track style: siehe Tabelle vorne  
Return period: Globaler Parameter

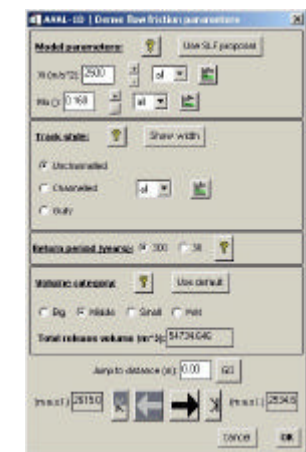
**Dense flow friction parameters**  
Xi z: Vorschlag SLF  
Mum: Vorschlag SLF  
Track style: siehe Tabelle vorne  
Return period: Globaler Parameter

Lawinenbahn und Auslaufgebiet

**ACHTUNG:** Die Summe der horizontalen Längen der spezifizierten Anrissgebiete darf nicht mehr als 500m betragen!

Wähle: **Edit → Avalanche parameters... → Dense flow – release zone**

oder **Toolbar** →



Wähle: **Edit → Avalanche parameters... → Dense flow – xi/mu**

oder **Toolbar** →