

Dynamics of powder-snow avalanches

Doctoral Thesis

Author(s):

Scheiwiller, Thomas

Publication date:

1986

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000409854>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH No 7951

Dynamics of
powder-snow avalanches

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

THOMAS SCHEIWILLER
dipl. Physiker ETH
born March 14, 1957
citizen of Waldkirch, SG
and Olten, SO
Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. D. Vischer, examiner
PD Dr. K. Hutter, co-examiner
Prof. Dr. C. Jaccard, co-examiner

1986

ABSTRACT

A continuum theory for the dynamics of powder snow avalanches is developed. They are treated as free surface two-phase flows of snow particles and air, coupled by momentum transfer. Closure of the equations is achieved by a k - ϵ -model for the turbulence and by a linear relationship between interphase momentum transfer and the relative velocity of the phases. Numerical solutions obtained by means of the Kantorovich technique are presented for steady plane flow. They are compared with measurements from the small-scale laboratory simulation of powder snow avalanches as turbulent mixtures of polystyrene particles and water. Methods of measuring particle phase velocity profiles and particle phase volume fraction profiles in steady chute flow are presented.

A theoretical model for the transition from the flow avalanche regime to the powder snow avalanche regime is outlined. This transition may be treated as an instability induced by the boundary condition at the free surface: In a critical flow state, the entrainment of ambient air is greatly enhanced.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein kontinuumsmechanisches Modell für die Dynamik von Staublawinen wird entwickelt. Diese werden behandelt als Zweiphasenströmung mit freier Oberfläche, bestehend aus Schneepartikeln und Luft, welche durch Impulsaustausch gekoppelt sind. Das System von Gleichungen wird geschlossen mit einem k - ϵ -Modell für die Turbulenz und einer linearen Abhängigkeit des Impulsaustausches von der Relativgeschwindigkeit der beiden Phasen. Numerische Lösungen für stationäre ebene Strömung, welche mit Hilfe der Kantorovich-Technik erhalten wurden, werden verglichen mit Messungen aus der kleinskaligen Laborsimulation von Staublawinen als turbulentes Gemisch von Polyesterharzpartikeln und Wasser. Messmethoden für Geschwindigkeits- und Konzentrationsprofile der Partikelphase werden vorgestellt.

Ein theoretisches Modell für den Übergang vom Fließlawinen-Zustand in den Staublawinen-Zustand wird dargestellt. Dieser Übergang kann als durch die Randbedingung an der freien Oberfläche induzierte Instabilität behandelt werden: In einem kritischen Strömungszustand wächst die Menge der eingemischten Umgebungsluft stark an.

RESUME

Un modèle de la dynamique des avalanches de neige poudreuse est développé en mécanique des milieux continus. Ces avalanches sont traitées comme des écoulements à surface libre de deux phases, particules de neige et air, couplées par transfert de la quantité de mouvement. La fermeture du système d'équations est assurée par un modèle $k-\epsilon$ pour la turbulence et par une relation linéaire entre le transfert de la quantité de mouvement et la vitesse relative des deux phases. La technique de Kantorovich permet d'obtenir des solutions numériques pour un écoulement plan stationnaire. Ces solutions sont comparées avec les mesures effectuées à petite échelle en laboratoire sur la simulation d'avalanches poudreuses par des mélanges turbulents de particules de polystyrène et d'eau. Les méthodes de mesure des profils de vitesse et de concentration des particules sont décrites.

Un modèle théorique de la transition du régime d'avalanche coulante au régime d'avalanche poudreuse est exposé. Cette transition peut être considérée comme une instabilité induite par la condition limite sur la surface libre: dans un état d'écoulement critique, la quantité d'air entraînée s'accroît fortement.