


# Endbericht

## AvaFrame - The open Avalanche Framework

Phase 1



finanziert von

 Wildbach- und  
Lawinenverbauung  
Forsttechnischer Dienst

in Kooperation mit



November 2023

Authors: AvaFrame Core Team, BFW/WLV

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Kurzzusammenfassung</b>	<b>2</b>
1.1 Mission . . . . .	2
1.2 Zahlen und Fakten - Die Entwicklung . . . . .	2
1.3 Zahlen und Fakten - Das Ergebnis . . . . .	2
<b>2 Komponenten / Ressourcen Phase 1</b>	<b>3</b>
2.1 Code AvaFrame . . . . .	3
2.2 Dokumentation . . . . .	4
2.3 Code QGis Connector . . . . .	4
2.4 Daten . . . . .	4
2.5 Homepage . . . . .	4
<b>3 Versionen / Code</b>	<b>4</b>
3.1 Module . . . . .	5
3.2 Kurzbeschreibung der Versionen . . . . .	5
<b>4 Anwender Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>6</b>
4.1 Workshops / Meetings . . . . .	6
4.2 Presse . . . . .	6
<b>5 Wissenschaftliche Arbeiten und Schnittstellen</b>	<b>7</b>
5.1 Zeitschriften und Berichte . . . . .	7
5.2 Konferenzen / Vorträge / Poster . . . . .	7
5.3 Wissenschaftlich Schnittstellen - Projekte . . . . .	8
5.4 Anwendung in akademischer Ausbildung . . . . .	9
<b>6 Beteiligte Personen WLVB/BFW; AvaFrame Struktur</b>	<b>9</b>

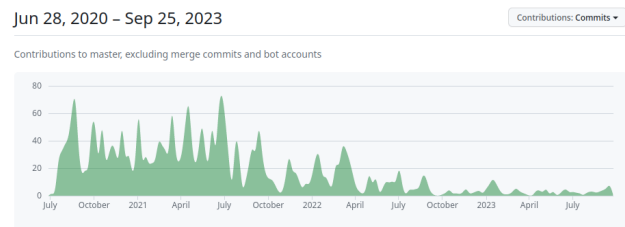
# 1 Kurzzusammenfassung

## 1.1 Mission

**Ein funktionierendes OpenSource-Framework (mittels European Union Public Licence (EUPL) lizenziert) zu Lawinensimulationen das die derzeitige Arbeit der WLV abbildet, erleichtert und zugänglich macht.** Somit wird in Phase 1 eine mittel-/langfristige Simulationsverbesserung bzw. Modellverfügbarkeit sichergestellt und eine Vereinfachung für die Praxisanwender der WLV geliefert. Zu diesem Zweck ist das Projekt in folgende Module aufgeteilt: Inputmodule, Berechnungsmodule, Analysemodule, Darstellungsmodule und Protokollmodule.

## 1.2 Zahlen und Fakten - Die Entwicklung

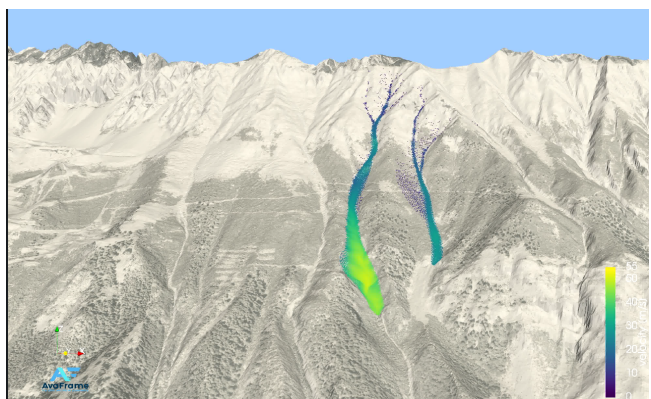
- 8500 Codebeiträge
- 330 bearbeitete Issues mit 1700 Kommentaren
- 540 Pull Requests, 2300 Reviews
- 26 Versionen
- 17 praxisorientierte und wissenschaftliche Präsentationen
- 8 Public Repositories
- 9 direkt beitragende Personen
- 7 Masterarbeiten
- 4 Webinare



**Abbildung 1:** Codebeiträge für AvaFrame auf github für den Projektzeitraum

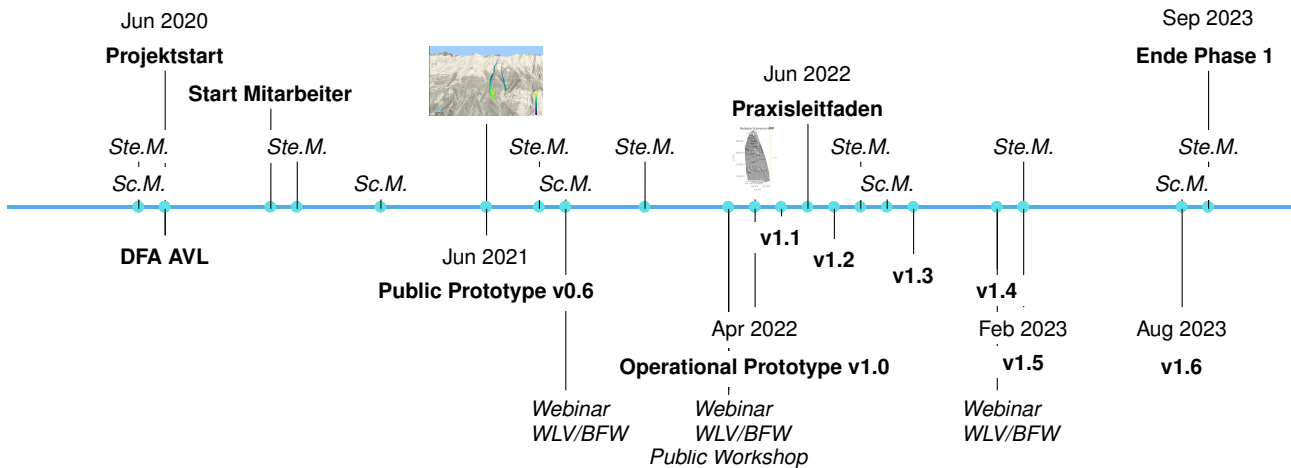
## 1.3 Zahlen und Fakten - Das Ergebnis

- 250.000 Zeilen Code
- 170 einzelne Pythonmodule
- 800 Funktionen
- 8 realistische Testfälle, 14 idealisierte Testfälle
- Verwendbarkeit in QGis mit ca. 3000 Downloads des QGis plugins
- Aufnahme in Praxisleitfaden
- ausführliche online Dokumentation
- Anwendung in WLV, Ingenieurbüros und der akademischen Ausbildung in IT, Norwegen.



**Abbildung 2:** Simulationsbeispiel Nordkette

## 2 Komponenten / Ressourcen Phase 1



**Abbildung 3:** Timeline AvaFrame Phase 1. Ste.M.: Steering Meeting, Sc.M.: Scientific Meeting, DFA AVL: Dense flow avalanche code AVL Graz GmbH

Veröffentlicht werden die AvaFrame-Komponenten auf verschiedenen Plattformen, in den folgenden Abschnitten ist jeweils der Link und Hinweise auf die Plattformen zu finden. Weiters wird mit Projektabschluss die digitale Version zum Zeitpunkt der Abgabe beigefügt. Der Code und die Dokumentation sind einfache Textdateien und daher auch NICHT abhängig von diesen Plattformen, können also jederzeit direkt aus der digitalen Version verwendet werden.

### 2.1 Code AvaFrame

Der Sourcecode ist auf [www.github.com/avaframe/AvaFrame](https://www.github.com/avaframe/AvaFrame) zu finden, inklusive aller Releases, Revisionen und notwendigen Daten. Weiters wird über diese Plattform auch eine Verwaltung der Issues (Problem/Bugs/Anfragen) erledigt. Ein nicht öffentlicher Teil dieser Plattform ist ein internes Projektmanagement zur Einteilung der Aufgaben auf die jeweiligen Personen.

Mittels github wird ebenso eine "Continuous Integration" durchgeführt, d.h. jeder Codebeitrag wird automatisch mit verschiedenen Tests geprüft, um damit Fehler abzufangen. Diese Tests reichen von der Überprüfung der Programmiersyntax, Tests individueller Funktionen bis hin zur Verwendung von (Lawinen-) Standardtests.

Um eine Zitierbarkeit zu ermöglichen wird der Sourcecode jeder Version auf der Plattform <https://zenodo.org/record/8319432> veröffentlicht. Diese stellt dann eine DOI zur Verfügung, mit der dann die jeweilige Version voll zitierbar ist.

Die (Standard-) Installation einzelner Versionen ist mittels <https://pypi.org/project/avaframe/> geregelt. Damit ist eine einfache Installation mittels Standard-system Programmen (pip install avaframe) möglich, was auch im Rahmen der QGIS-Oberfläche notwendig ist. Diese Installation stellt immer die letzte, getestete Version bereit. Wer die aktuelle Entwicklungsversion benötigt muss dies direkt über den Sourcecode erledigen.

Ein Überblick über die Aktivitäten in github Code Repository ist zu finden auf <https://ossinsight.io/analyze/avaframe/AvaFrame#overview>

## 2.2 Dokumentation

Neben der Programmierung aus dem vorherigen Abschnitt wurde ein grosser Teil des Aufwandes des AvaFrame-Kernteam zur Dokumentation verwendet. Dies stellt ein wichtiger Beitrag zur Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit und Verständlichkeit dar. Die Zielgruppen-gerichtete AvaFrame Dokumentation basiert auf 3 Säulen:

- Anwender-Dokumentation: eine extra aufgesetzte Dokumentation (mittels Textfiles) die dann auf der Plattform <https://readthedocs.org/> unter <https://docs.avaframe.org/en/latest/> eine grafisch aufbereitete Version zur Verfügung stellt. Auf dieser Plattform ist auch die Dokumentation aller alten Versionen zu finden, dies dient zur Nachvollziehbarkeit.
- Entwickler-Dokumentation: Zum einen sind in der obigen Dokumentation auch die Theorie und tiefere Informationen enthalten. Zweitens wird im Code den Funktionen jeweils bereits ein sogenannter "Docstring" beigefügt, der die wichtigsten Informationen über die jeweilige Funktion beschreibt (Input, Output und Anwendung). Dieser Docstring fliesst auch automatisiert in die Beschreibung aller Schnittstellen der Dokumentation ein (<https://docs.avaframe.org/en/latest/api.html>). Ausserdem sind im Code selbst Kommentare an wichtigen Stellen gesetzt, die beschreiben, was der Zweck des Codeabschnittes ist.
- wissenschaftliche Dokumentation: Drittens wird die Theorie mittels Peer-reviewed Publikationen und Konferenzbeiträgen auch einer Überprüfung durch unabhängige/externe Experten unterzogen. Mehr dazu im Abschnitt 5.

## 2.3 Code QGIS Connector

Der QGIS Connector dient zur Verbindung bzw. Bedienung der AvaFrame Funktionen aus QGIS heraus. Ziel ist es hier, dem operationellen Anwender eine einfache und schnelle Bedienmöglichkeit mit Standardwerten zu bieten. Dieser Code wird ebenfalls über github verwaltet (<https://github.com/avaframe/QGISAF>). Zur Installation wird der Connector mittels der QGIS Plugin Plattform (<https://plugins.qgis.org/plugins/avaframeConnector/>) zur Verfügung gestellt. Somit ist eine einfache Installation direkt aus QGIS heraus möglich.

## 2.4 Daten

Im Zuge der Standardtestfälle werden Daten (Topografie, Anbruchgebiete, Widerstandsgebiete, Ent-rainmentgebiete) im Github Repository (siehe Ab. 2.1) frei zur Verfügung gestellt. Die Quellen dazu sind in <https://docs.avaframe.org/en/latest/dataSources.html> aufgeführt und werden entsprechend zitiert.

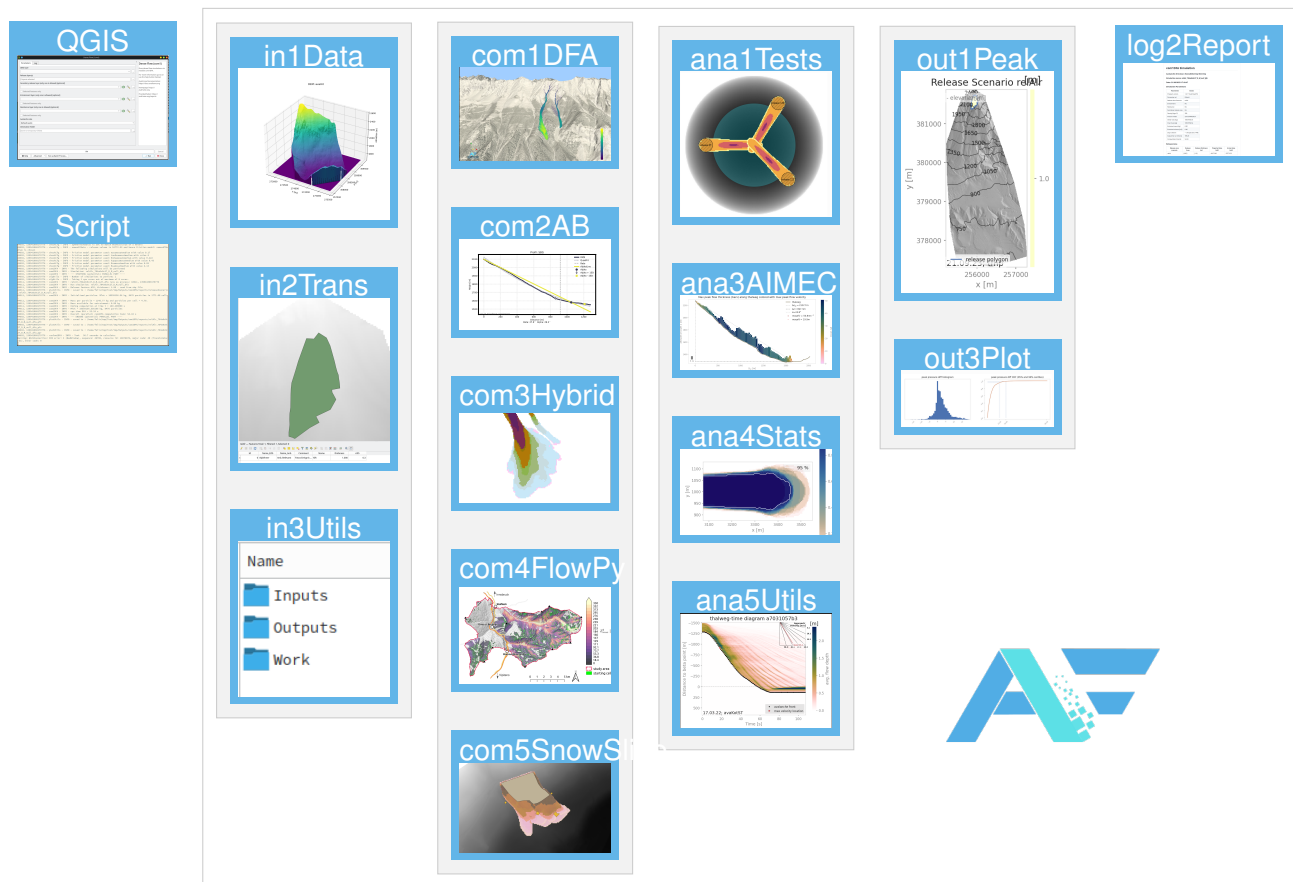
## 2.5 Homepage

Auf der Homepage <https://avaframe.org/> werden monatliche Updates, Informationen zu Versionen und Ankündigungen veröffentlicht. Außerdem sind alle Ressourcen (Code, Berichte, Dokumentation) verlinkt um Nutzern einen einfachen Einstieg / Übersicht zu geben. Der eigentliche Code der Homepage ist ebenfalls auf Textfile basierend und auf [https://github.com/avaframe/AF\\_Homepage](https://github.com/avaframe/AF_Homepage) veröffentlicht (und ebenso im beigefügten Zip zu finden).

## 3 Versionen / Code

### 3.1 Module

AvaFrame besteht aus 15 Hauptmodulen, die sich auf mehrere Aufgabenbereiche verteilen. Darunter sind unter anderem Eingabe-, Berechnungs- und Analysemodule. Die folgende Abbildung stellt die Module und ihre Verbindungen dar.



### 3.2 Kurzbeschreibung der Versionen

Im Gesamten wurden 26 Versionen im AvaFrame Repository veröffentlicht. Im Folgenden sind nicht alle Versionen angeführt, sondern nur die Wichtigsten. Bei den 26 Versionen sind auch kleinere Bugfix Versionen inkludiert.

- **Version 0.5:** *Juli 2021*. Public Prototype: erste Version die vom Operationellen Team getestet wurde. Mit dieser Version ist auch die originale Implementierung von SamosAT (com1DFAOrig) deaktiviert und wird nur noch als Referenz verwendet.
- **Version 0.6:** *September 2021*. Vereinfachte Installation und Erweiterung der Testfälle.
- **Version 1.0:** *April 2022*. Die erste Vollversion. Ebenso inkludiert ist hierbei auch die erste Version des QGIS Connector plugins. Mit dieser Version ist eine Verwendbarkeit als gleichwertiger Ersatz zu SamosAT-DFA und SamosBeta erreicht. Dies ist auch in einem ausführlichen Bericht dargelegt, der Version 1.0 beigelegt ist. Darin werden die Unterschiede und Abweichungen von Berechnungsmodule com1DFA zu SamosAT aufgezeigt.
- **Version 1.1:** *Mai 2022*. Update der Benchmark-Ergebnisse von com1DFAOrig (SamosAT) auf com1DFA. Wechsel von 'depth' auf 'thickness' (Schneetiefe zu Schneemächtigkeit).
- **Version 1.2:** *Juli 2022*. Automatische Splitpoint-Erstellung (com2AB) und interne Verbesserungen bzgl. Berechnung von weiteren Ergebnisfeldern in com1DFA.

- **Version 1.3:** *Oktober 2022.* Hinzufügen von Sekundären Anbruchgebieten. Erweiterung der idealisierten Testfälle.
- **Version 1.4:** *Januar 2023.* Neues Schneerutschmodul basierend auf Arbeiten von Peter Sampl. Ausserdem wurde die Nassschnee-Implementierung und Dam (Walllines) aus SamosAT übernommen. Hinweis im Simulationsnamen ob das Default- oder ein verändertes Parameterset verwendet wurde.
- **Version 1.5:** *Februar 2023.* Parallele Implementierung bezgl. com1DFA. Es ist nun möglich gleichzeitig mehrere com1DFA Simulationen auszuführen und damit Parameterstudien der unterschiedliche Szenarien effizienter zu berechnen.
- **Version 1.6:** *September 2023.* Wechsel auf Reibungsmodell SamosATAuto: hierbei wird anhand des Anbruchsvolumens entschieden welche Reibungskalibrierung (Klein, Mittel, Gross) verwendet wird. Die Kalibrierungen basieren auf einer Masterarbeit von Jakob Schwarz (BO-KU).

## 4 Anwender Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit

Verschiedene Ausbildungs- und Informations-Veranstaltungen mit unterschiedlichen Zielgruppen wurden veranstaltet, ebenso wie Pressegespräche.

### 4.1 Workshops / Meetings

- Steering Meetings: Mai 2020, November 2020, August 2021, Dezember 2021, August 2022, Februar 2023
- Scientific Meetings: Mai 2020, Februar 2021, September 2021, September 2022, August 2023
- WLV/BFW Webinar Januar 2023
- WLV/BFW Webinar März 2022
- WLV/BFW Webinar November 2021
- Public Workshop März 2022
- Workshop Italien Juni 2023: Luca Delarole, Oesterle, F.
- Workshop Italien September 2022: Luca Delarole, Oesterle, F.

### 4.2 Presse

**Presseaussendung AvaFrame Mai 2020:** Beiträge in Online- und Printmedien: Modernisierung der Lawinenmodellierung in Österreich

**Presseinformation AvaFrame Februar 2023:** Beiträge in Online-, Printmedien, Radio und Fernsehen:

- Tirol heute Projekt zur Warnung vor Lawinen 10.02.2023
- tirol.orf.at Werkzeugkoffer für Lawinensimulationen 10.02.2023
- Radio Tirol Nachrichten aus Tirol: Werkzeug zur Lawinensimulation 10.02.2023
- Nön.at „Werkzeugkoffer“ soll Lawinensimulationen vorantreiben 10.02.2022



- Radio U1 Tagesjournal: Werkzeug zur Lawinensimulation 10.02.2023
- Vol.at „Werkzeugkoffer“ soll Lawinensimulationen vorantreiben 10.02.2023
- tt.com Mit Pixel und Byte gegen den weißen Tod in Tirol: Lawinenprognose per Computer 11.02.2023
- Tiroler Tageszeitung Mit Pixel und Byte gegen den weißen Tod 11.02.2023
- krone.at Verbesserte Simulationen, um Lawinen zu verstehen 11.02.2023
- Kronen Zeitung Tirol Verstehen, wie Lawinen ticken 11.02.2023
- Futurezone.at So lassen sich zerstörerische Lawinen vorhersagen 20.02.2023

**Presseinformation Fluchthorn Simulationen August 2023:** Beiträge in Online-, Printmedien, Radio und Fernsehen.

## 5 Wissenschaftliche Arbeiten und Schnittstellen

Im folgenden sind alle wissenschaftlichen Arbeiten sowie die Schnittstellen zu anderen Projekten aufgelistet. Die Arbeiten reichen von Peer-reviewed Artikeln bis hin zu Praktikumsberichten (diese werden gerne auf Anfrage zur Verfügung gestellt).

### 5.1 Zeitschriften und Berichte

**Paper Geoscientific Model Development.** *Avaframe com1DFA (version 1.3): a thickness integrated computational avalanche module – Theory, numerics and testing.* Zur Veröffentlichung akzeptiert im August 2023. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-1291>

**WLV-Journal Oesterle, F; Fischer, J.T; Wirbel, A; Tonnel, M; Tollinger, C.; Granig, M (2022):** AvaFrame - Version 1.0 . Wildbach- und Lawinenverbauung 189: 296-299.

**WLV-Journal Oesterle, F; Fischer, J.T; Wirbel, A; Tonnel (2021):** AvaFrame - Aktueller Stand und Ausblick . Wildbach- und Lawinenverbauung 187: .

**Praktikum Oskar Dick.** *Partikelverfolgung, Erweitertes Reibungsmodell*, BFW, 2023

**Praktikum Amaury Bélières–Frendo.** *Convergence and stability of the SPH method in AvaFrame*, BFW, 2022

### 5.2 Konferenzen / Vorträge / Poster

**International Snow Science Workshop, Bend, Oregon, USA - 2023:** Fischer, J.-T., Neuhauser, M., Koehler, A., Oesterle, F., Wirbel, A., Dick, O., Fellin, W., Winkler, R., Neurauder, R., Gerstmayr, J., Kuss, J., Dressler, F.: On the potential of particle tracking in snow avalanches

**We4drr 2023** Wirbel, A.: 'AvaFrame - the open avalanche framework' at the general assembly 2023 women exchange for disaster risk reduction

**Studienreise Verein der WLV 2023:** Oesterle, F.: AvaFrame, Aktuelles und Highlights

**EGU 2023** Dick, O., Tonnel, M., Wirbel, A., Oesterle, F., Fischer, J.-T., and Neuhauser, M.: Analysis of snow avalanche simulation results in a thalweg-following coordinate system, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24 –28 Apr 2023, EGU23-5687, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-5687>, 2023.



**BFW Cake Talk, März 2023:** Oesterle, F.: Open Source - Versioning**International Mountain Conference 2022, Innsbruck; Focus Session 25, Fischer, Oesterle, Fellin:** Darin u.a.:

- An Uncertainty Assessment Workflow Of Snow Avalanche Simulations Using Avaframe. Wirbel, Anna; Tonnel, Matthias; Neuhauser, Michael Johannes; Oesterle, Felix; Fischer, Jan-Thomas
- Energy On The Line – A Novel Approach For Validating Avalanche Simulation Tools. Tonnel, Matthias (1); Von-Busse, Marie (2); Wirbel, Anna (1); Oesterle, Felix (1); Fellin, Wolfgang (2); Fischer, Jan-Thomas (1)
- Thalweg-Time-Diagrams — An Evaluation Method To Consider Temporal Evolution And Spatial Extent Of Simulation Results. Köhler, Anselm (1); Wirbel, Anna (1); Winkler, Michael (1,2); Fellin, Wolfgang (2); Oesterle, Felix (1); Fischer, Jan-Thomas (1)

**EGU 2022:** Tonnel, M., Wirbel, A., Oesterle, F., and Fischer, J.-T.: Are avalanche models correct? An uncertain view on convergence, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-7745, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-7745>, 2022.

**EGU 2022:** Neuhauser, M., Neurauder, R., Tuermer, S., Gerstmayr, J., Adams, M., Koehler, A., and Fischer, J.-T.: Investigating the potential of GNSS-modules for inflow avalanche measurements, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-6416, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-6416>, 2022.

**ALERT 2022:** Fellin, Wolfgang; Köhler, Anselm; Neuhauser, Michael; Tonnel, Matthias; Wirbel, Anna; Oesterle, Felix; Fischer, Jan-Thomas (2022): Remote and in-situ sensing of avalanche dynamics as part of a holistic model calibration. In: Benahmed, Nadia; Wautier, Antoine: 33rd ALERT Workshop, Poster Session, Aussois 2022. Booklet of abstracts. Aix-en-Provence: INRAE., ISBN 978-2-9584769-0-8, pp. 14 - 15.

**IGS 2022:** Tonnel, M., Wirbel, A., Oesterle, F., Koehler A. and Fischer, J.-T. (2022): Testing of avalanche simulation tools with AvaFrame: Between flow variable evolution and avalanche runout , IGS 2022, Davos, Switzerland, 25–30 September 2022,

**IGS 2022:** Neuhauser, M., Koehler, A., Wirbel, A., Fellin, W., Fischer, J.-T. (2022): Remote sensing and in-flow tracking in avalanches: a sensor fusion of avanodes and mgeodar radar with open source avalanche simulations in avaframe, IGS International Symposium on Snow, Davos, Switzerland, 25.-30 Septemeber 2022, Contribution

**Japan-Austria conference, Juni 2022:** Oesterle, F., Wirbel, A., Tonnel, M., Fischer, JT.: AvaFrame, The open avalanche framework: applications and research

**BFW Cake Talk, Januar 2022:** Tonnel, M.: Simulating Dense Flow Avalanches (DFA) with AvaFrame

**Avalunsj Norway, Juni 2022:** Oesterle, F., Wirbel, A., Tonnel, M., Fischer, JT.: AvaFrame, The open avalanche framework: applications and research

**BFW Cake Talk, November 2021:** Oesterle, F., Wirbel, A., Tonnel, M., Fischer, JT.: AvaFrame

**EGU 2021** Oesterle, F., Wirbel, A., Tonnel, M., Fischer, JT.: AvaFrame, Testing and Benchmarking

**Glaciology Meeting UIBK, Januar 2021:** Oesterle, F., Wirbel, A., Tonnel, M., Fischer, JT.: AvaFrame Intro

### 5.3 Wissenschaftlich Schnittstellen - Projekte

Diese Projekt sind, in unterschiedlicher Ausprägung, direkt an AvaFrame angebunden. Dies reicht von reiner Anwendung bis hin zur simplen Verwendung einzelner Funktionen.

- Lawinensimulation:

- Forestframe - Waldeinwirkung
- AAATES - Austrian Terrain Classification / small / medium avalanches
- Schutzwaldmodellierung: GraviPro, Dakumo, Gr4A, ÖkoSchuWa, PrioSchuWa
- Ereignisdokumentation: Avalanche Modelling Atlas, Satellitendatenanalysen

## 5.4 Anwendung in akademischer Ausbildung

Diese Vorlesungen haben zum Teil AvaFrame Simulationen / Modellierungen mit Avaframe im Inhalt:

**UIBK 800793** SE Umgang mit Lawinengefahr auf staatlicher Ebene

**BOKU 871345** Schnee und Lawinengefahren - Analyse und Bewertung

<https://boku.ac.at/lehrveranstaltungen/lva/305110>

**BOKU 871365** Simulation models in natural hazards analysis

<https://boku.ac.at/lehrveranstaltungen/lva/309028>

Weiters wurden folgende akademische Arbeiten im Zusammenhang mit AvaFrame erledigt:

**Masterarbeit Marie von Busse.** *Vergleich von verschiedenen dimensional AvaFrame-Lawinensimulationen entlang eines Lawinenpfades in dreidimensionalem Gelände*, UIBK, Fellin, 2022

**Masterarbeit Michael Winkler.** *Vergleich von AvaFrame-Lawinensimulationen mit mGeodar-Radarmessungen am Beispiel von gesprengten Lawinen auf der Nordkette*, UIBK, Fellin, 2022

**Masterarbeit Jakob Schwarz.** *Detailanalyse der Reibungswerte für kleine und mittelgroße Lawinen in SamosAT/AvaFrame*, BOKU, Reiweger, 2022

**Masterarbeit Carina Schlamberger.** *A computational study on the integration and comparison of r.avaflow and com1DFA, two models for gravitational mass flow simulations*, Uni Graz, Mergili, 2023

**Masterarbeit Oscar Dick.** *How can snow particle tracking in field experiments help to improve the friction law used in avalanche flow simulations?*, KTH Royal Institute of Technology, 2023

**Masterarbeit Jan Frederik Höller.** *Vergleich zwischen numerischer und experimenteller Partikelverfolgung in Lawinensimulationen*, UIBK, Fellin, 2023

**Masterarbeit Lukas Infanger.** *Optimierung von Reibungsparametern von Lawinensimulationen in inneralpinen Hochlagen*, Boku, Fischer, in Bearbeitung

## 6 Beteiligte Personen WLVB/BFW; AvaFrame Struktur

Die beteiligten Personen in den ausführenden Teams sind:

**Kernteam:** Anna Wirbel, Felix Oesterle (Projektleitung), Jan-Thomas Fischer (Wissenschaftliche Leitung), Matthias Tonnel (bis Dez. 2022).

**Operationelles Team:** Matthias Granig, Christian Tollinger, Andreas Herbert.

Weiters wurden zwei Committees eingesetzt um eine Steuerung und Übersicht von Aussen zu ermöglichen:

**Steering Committee:** Florian Rudolf-Miklau (Leitung), vertreten durch Kilian Heil, Gebhard Walter, Max Pöllinger, Markus Moser, Wolfgang Schilcher.

**Scientific Committee** Ingrid Reiweger (Leitung), Matthias Granig, Julia Kowalski, Wolfgang Fellin, Martin Mergili, Peter Sampl.

