

# HABEN DIE GLETSCHER DER ALPEN EINE ZUKUNFT?

Von den Gletscherschwankungen im Alpenraum bis zum „Snowfarming“ am Morteratschgletscher (CH) und an der Zugspitze (D)

## SNOWFARMING ALS ANPASSUNGSMAßNAHME ? – FALLBEISPIEL ZUGSPITZE (DE)

### ■ Nördlicher Schneeferner

📍 Bayerische Alpen, Deutschland

📏 0,209 km<sup>2</sup>

☔ Zwischen 1993 und 2013 bis zu 5.000 m<sup>2</sup> (2 % des Gletschers) mit Planen bedeckt; zur Aufrechterhaltung des Skibetriebs und Ausdehnung der Saisonlänge

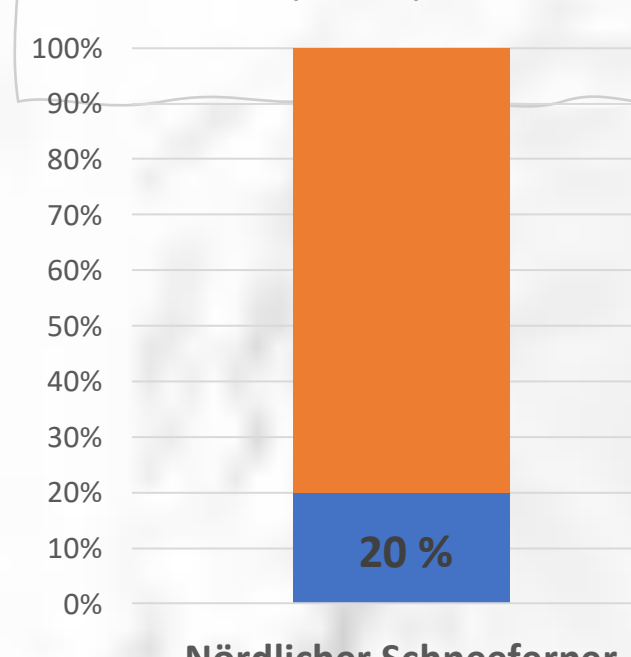
- Anlegung Schneedepots aus Naturschnee am Ende der Wintersaison und Abdeckung mit Planen
- Übersommerung von 80.000 m<sup>3</sup> Schnee
- Reduktion des Schmelzprozesses

⚡ Erheblicher Geländeingriff und hoher Energieaufwand  
Massenbilanz stark negativ, da nur 1% des Verlustes ausgeglichen wird;  
• keine Abdeckung mit Planen seit 2013

🚚 Lagerung in neun Schneedepots (künstliche Furchen) mit rund 500.000 m<sup>3</sup> Naturschnee  
• Zum Erhalt der Profitabilität des Skibetriebs

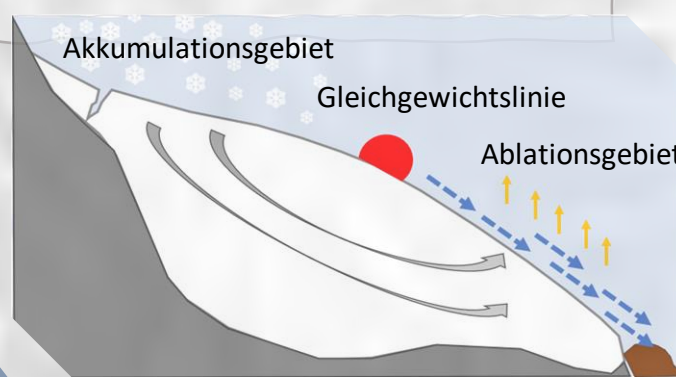


Volumen im Vergleich 1950 (100%) und 2015



## GRUNDLAGEN

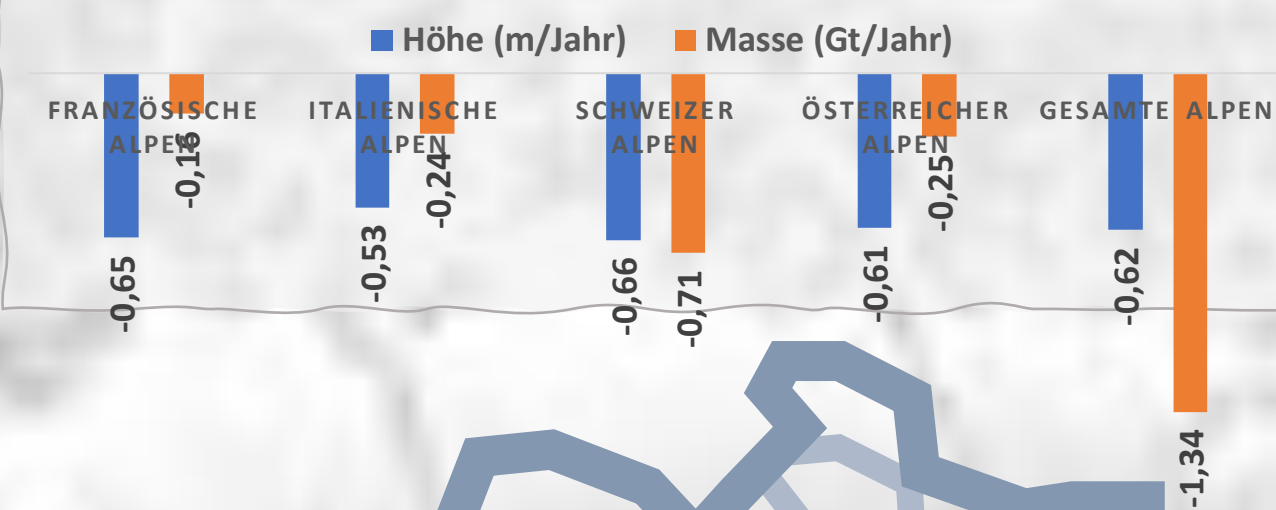
- Integraler Bestandteil der **Kryosphäre**
  - 0,1 % der globalen Süßwasservorräte
  - 0,5 % der globalen Landfläche
- **Akkumulation** in höheren Lagen:
  - Ansammlung von Schnee
  - Verdichtung zu Firn und Eis
  - Eismassen fließen talabwärts
- **Ablation** in tieferen Lagen
  - Massenverlust durch Abschmelzen
- Gleichgewicht bei gleich großer Akkumulation wie Ablation
- **Gleichgewichtslinie** zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet



## VERÄNDERUNGEN

- **Trend zum Rückgang** der Alpengletscher seit 1850 mit starker Beschleunigung seit 1980
- **Schrumpfung** der Gletscherfläche von 3.000 km<sup>2</sup> (1970) auf 1.800 km<sup>2</sup> (2010)
- Bis 2100 sind bei >1,5 °C Klimaerwärmung über **90 %** der Alpengletscher abgeschmolzen
- Rückzug der Gletscher auf **über 3.000 m** Höhe bis 2050

MITTLERE ÄNDERUNGSRATEN VON HÖHE UND MASSE DER ALPENGLITSCHER 2000 - 2014



## URSACHEN

- **Anthropogene Erwärmung**
  - Alpenregion besonders stark betroffen



- Verlängerung der Ablationszeit
- **Abnahme der Oberflächenalbedo**
  - erhöhte Absorption solarer Strahlung
- Positive Eis-Albedo-Rückkopplung

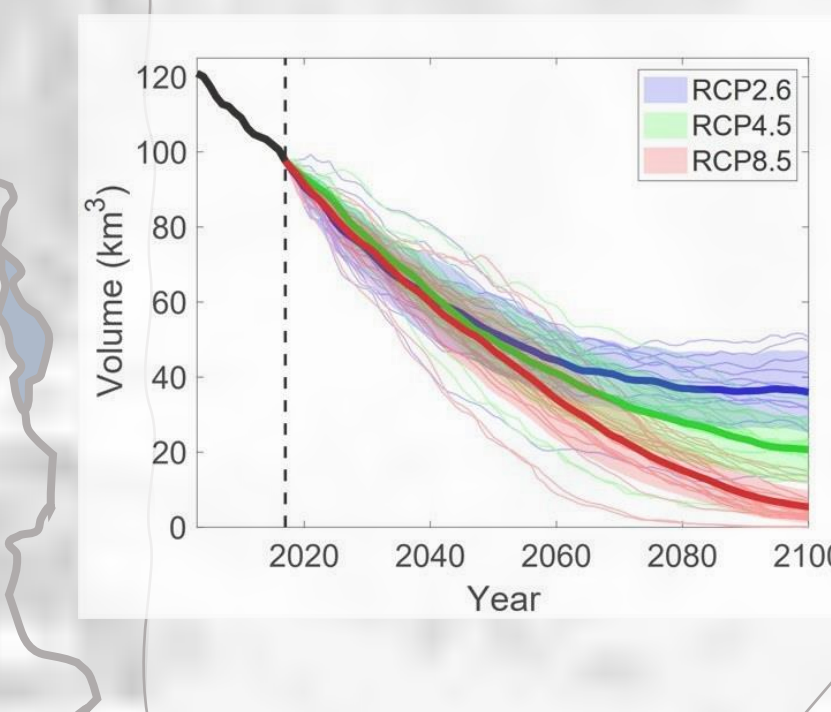
- **Natürliche Schwankungen**
  - Positiver NAO-Index seit 1980er Jahre führt warme und feuchte Luftmassen nach Mitteleuropa

## FOLGEN

- Physische, geographische oder wirtschaftliche Folgen abhängig von der Höhe
  - Oberhalb 3.000 – 4.500 m**
    - ☞ Verlust nationaler Identität
    - ☞ Auswirkungen auf lokale Biodiversität (z.T. Verdrängung)
    - Zwischen 2.000 – 3.000 m**
      - ☞ Risiko von Naturgefahren (Felsstürze, Murgänge,...)
      - ☞ Einschränkungen im Skitourismus
    - Unter 2.000 m**
      - ☞ Veränderungen in Abflussregimen (Wasserknappheit in den Sommermonaten); Konflikte um Wasser
      - ☞ Reduzierung der Bereitstellung von Energie aus Wasserkraft

## ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

- Deutliche Erwärmung von **3,5 – 4,2 °C** bis 2100 (Klimamodell REMO)
- Verstärkung der saisonalen Unterschiede im Niederschlag
- Anstieg der Nullgradgrenze bis 2100 um >650 m
- Weitere **Zunahme des Eisverlustes** der Gletscher (2050: – 1,3 m w.e. pro Jahr)
  - Bis Mitte des 21. Jahrhunderts noch die Hälfte des Gletschervolumens von heute vorhanden; bis Ende des 21. Jhd. nur noch **ein Viertel** (RCP 4.5-Szenario ETH-Zürich)



## SNOWFARMING

- **Konservierung** von Schnee während der warmen Jahreszeit.
- **Schutz von Gletschern** vor dem Schmelzen mithilfe dünnen Textilabdeckungen, um kritische Bereiche der Gletscheroberfläche am Ende der Wintersaison abzudecken.
- Konservierung des Schnees für **touristische Zwecke**, indem große Schneemengen am Ende des Winters gesammelt oder durch Schneemaschinen produziert und über die Sommermonate konserviert werden. Im darauffolgenden Herbst wird der verbleibende Schnee als Grundlage für die Präparation von Wintersportanlagen genutzt.

## SNOWFARMING ALS RETTUNGSMAßNAHME ? – FALLBEISPIEL MORTERATSCHGLETSCHER (CH)

### ■ Morteratschgletscher

📍 Graubünden, Schweiz

📏 14,93 km<sup>2</sup>

☔ Eisverlust von ca. 15 Mio. t und 50 m Länge jährlich; Schwund bis Ende 21. Jahrhundert

### ■ Projekt „MORTALIVE“

- ☕ **Stromlose Beschneigungsanlage**
  - Schneiseile mit Schneedüsen
  - Konservierung des Gletschereises unter künstlicher Schneeschicht
  - 30.000 t Schnee pro Tag auf einem Quadratkilometer Fläche
  - Massive Abbremsung des Gletscherschwundes

- ☞ **Schmelzwasser-Recycling**
  - Sammlung des anfallenden Schmelzwassers in höher gelegenen Speicherseen zur Kunstschneeproduktion

⚡ **Landschaftlicher Eingriff**  
Hohe Kosten von 100 Mio. CHF in den nächsten 30 Jahren  
Fehlende technische Machbarkeit  
Mangelnde Wasserverfügbarkeit zur Beschneigung



**Autor:**  
Julian Branz  
Klimawandel im Anthropozän  
M.Sc. Geographie des Globalen Wandels  
Universität Freiburg

**Betreuer:** Prof. Dr. Rüdiger Glaser;  
Michael Kahle

**Referenzen**  
Beniston, M. et al. (2017): The European mountain cryosphere: A review of past, current and future issues. In: The Cryosphere Discussions.  
Haeberli W. et al. (2019): The future of Alpine Glaciers and Beyond  
European Environment Agency (2009): Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources. Copenhagen.  
Academia Engiadina (2021): MortAlive. Wissenschaftliche Basis. Samedan, Schweiz.  
Thomas Grünwald T., Wolfspurger F., Lehning M. (2018): Snow farming: conserving snow over the summer season. In: The Cryosphere, 12 (385–400)

CIPRA (2012): Klimawandel: Warum die Alpen besonders betroffen sind.  
<https://www.cipra.org/de/cipra/international/projekte/abgeschlossen/ccalos/ueber>  
Escher-Vetter, H. & Lozán J. L. (2015): Veränderungen der Schweizer Gletscher. In: Lozán, J. L., Grassl H., Kasang D., Notz D. & Escher-Vetter H. (Hrsg.). Warnsignal Klima: Das Eis der Erde. Universität Hamburg.  
Marzeion B., Nesje A. (2012): Spatial patterns of North Atlantic Oscillation influence on mass balance variability of European glaciers. In: The Cryosphere, 6.  
Lintén N., Knutsson S. (2018): Snow storage – Modelling, theory and some new research. In: Cold Regions Science and Technology 153 (45–54).