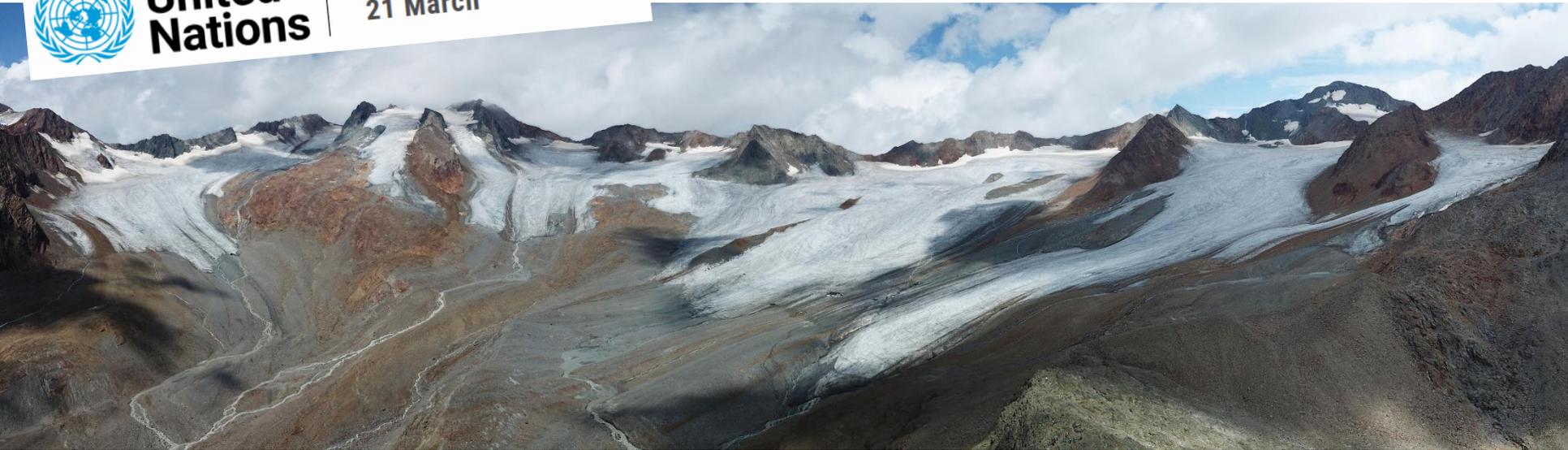


# Was passiert mit den Gletschern und welche Folgen hat das?



**United  
Nations**

**World Day for Glaciers  
21 March**



**Wilfried Hagg**

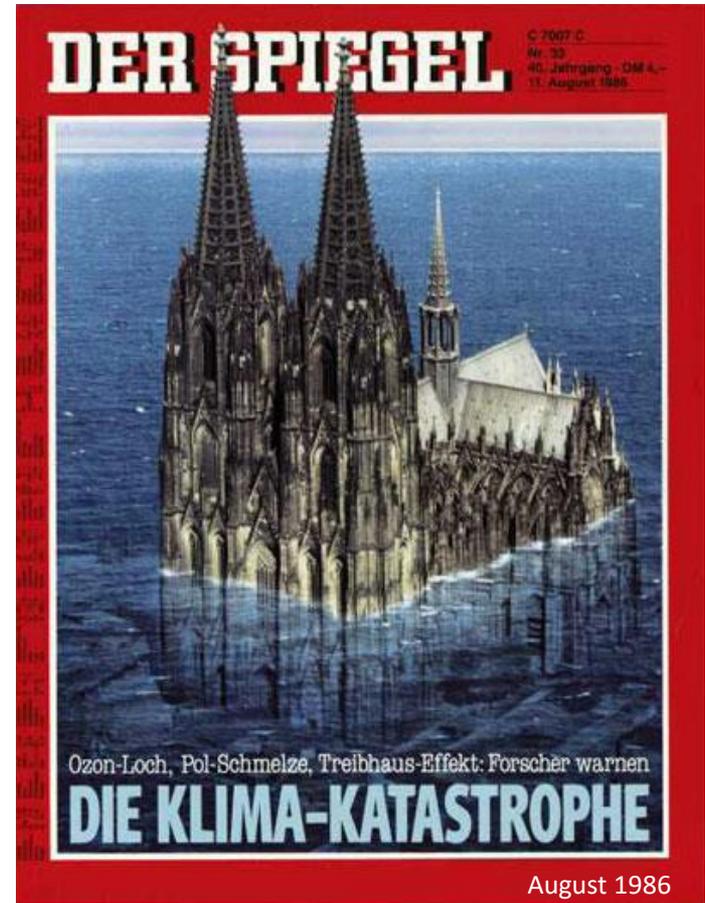
Fakultät für Geoinformation, Hochschule München



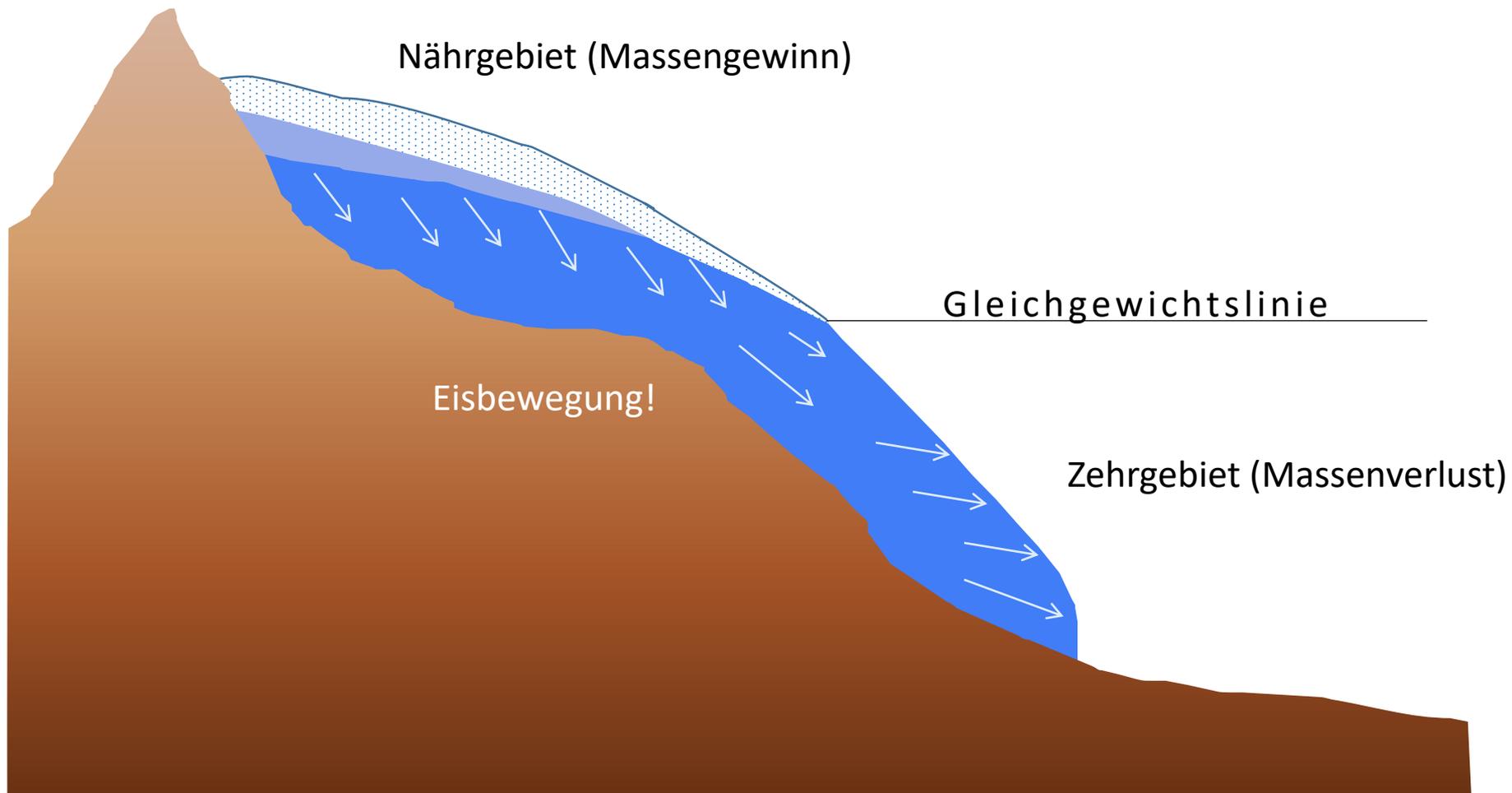
7. Ebersberger Wald- und Umweltgespräch, 18.3.2025

# Gliederung

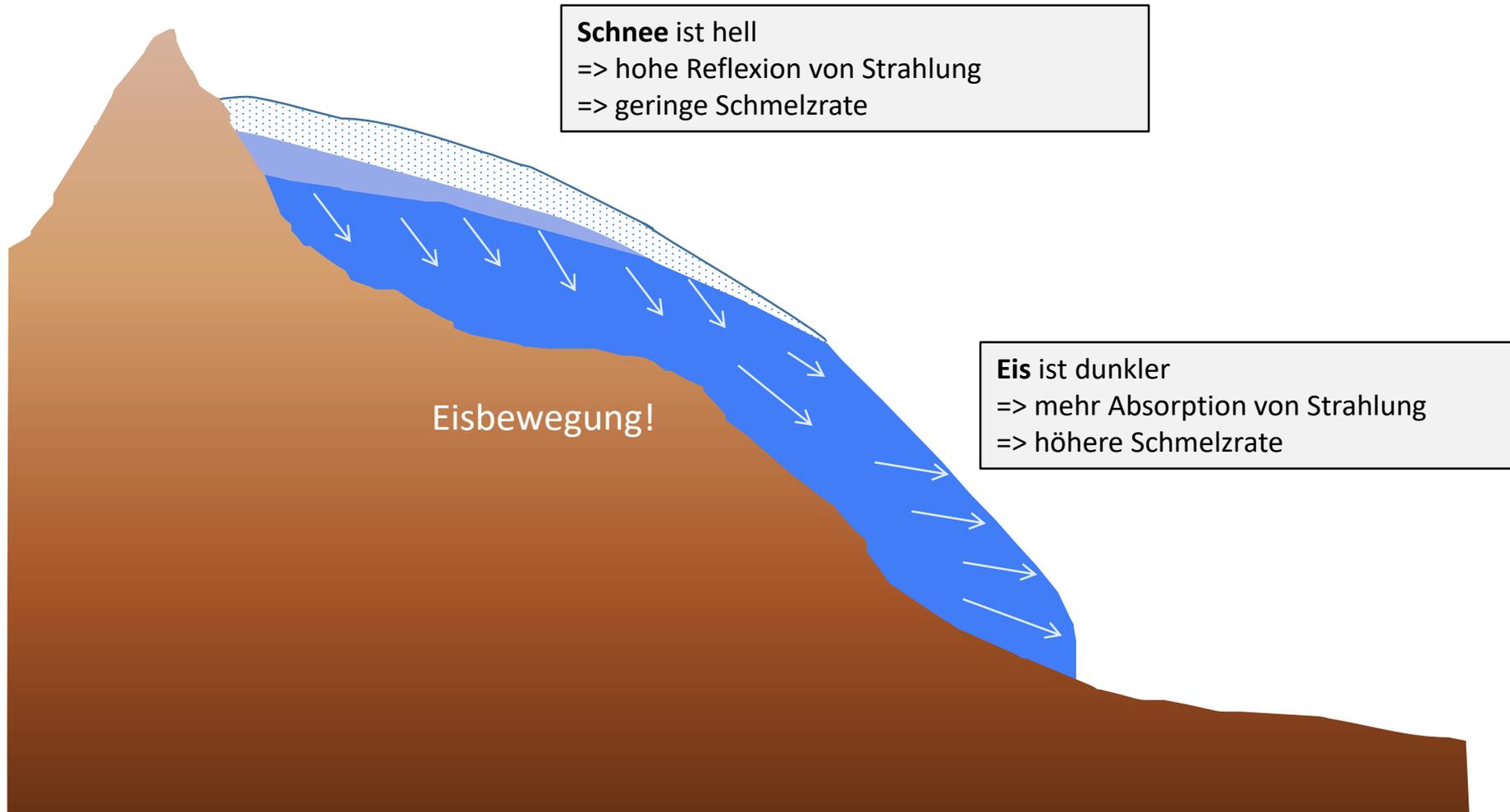
1. Einführung: Klima-Gletscher-Wasser
2. Gletscherschwund in Bayern
3. Lokale Folgen
4. Regionale Folgen
5. Globale Folgen
6. Zusammenfassung



# Entstehung von Gletschern



# Schmelzwasser

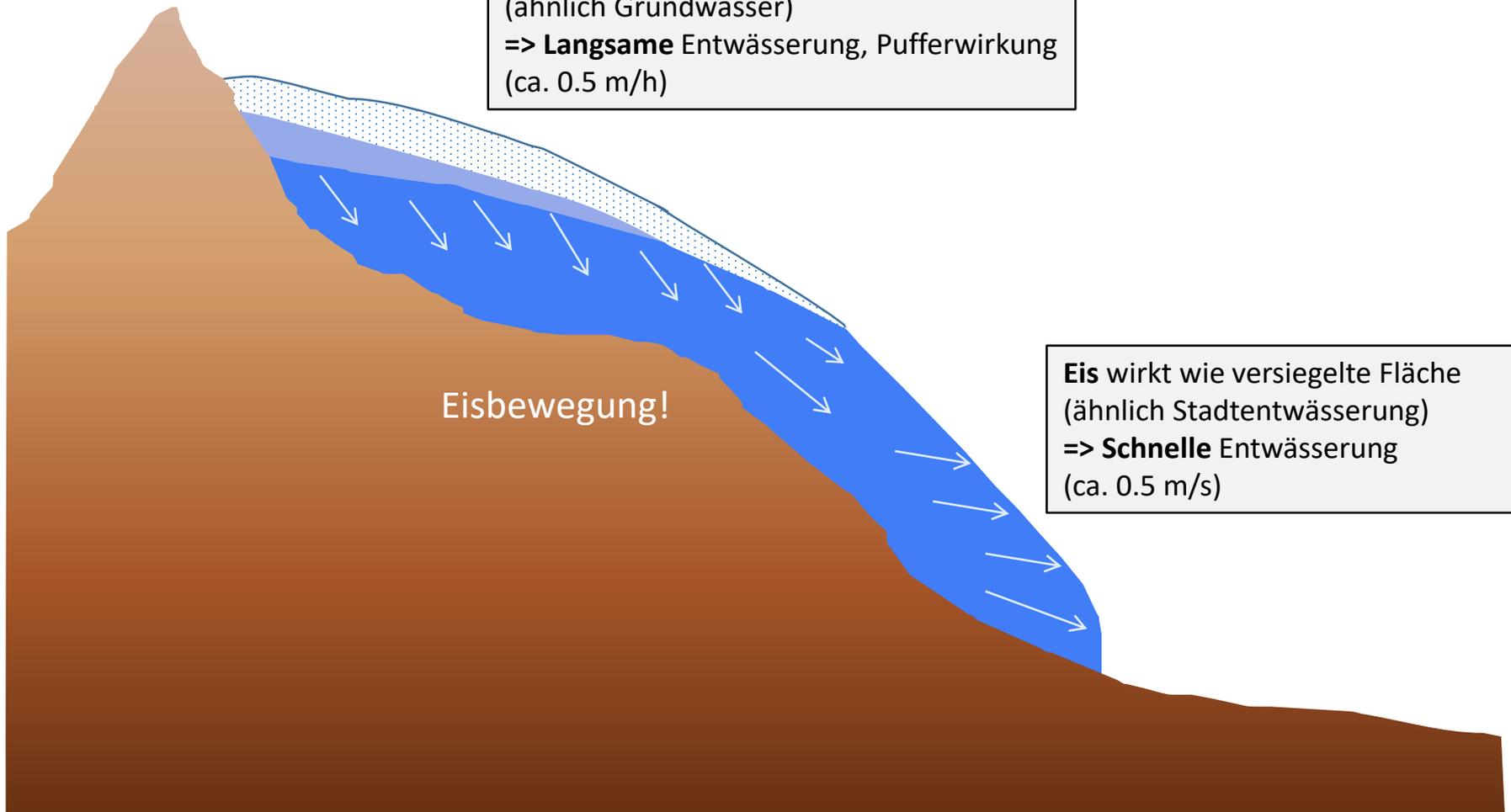


# Schmelzwasser

**Schnee und Firn** wirken wie Schwamm  
(ähnlich Grundwasser)  
=> **Langsame** Entwässerung, Pufferwirkung  
(ca. 0.5 m/h)

Eisbewegung!

**Eis** wirkt wie versiegelte Fläche  
(ähnlich Stadtentwässerung)  
=> **Schnelle** Entwässerung  
(ca. 0.5 m/s)



# Schmelzwasser

## Gesteinsauflagen

- dünne Schichten verstärken Schmelze (dunkler, starke Erwärmung)
- dicke Schichten verringern Schmelze (isolierende Wirkung)



Staubbedeckter Gletscher: Golubin, Kirgisistan



Schuttbedeckter Gletscher: Inyltschek, Kirgisistan

# Hydrologische Bedeutung von Gletschern

1. Umverteilung Winter => Sommer

2. Umverteilung kühle Jahrzehnte => heiße Jahrzehnte

**=> wirken ausgleichend auf die Wasserführung**

**„Kompensationseffekt“**

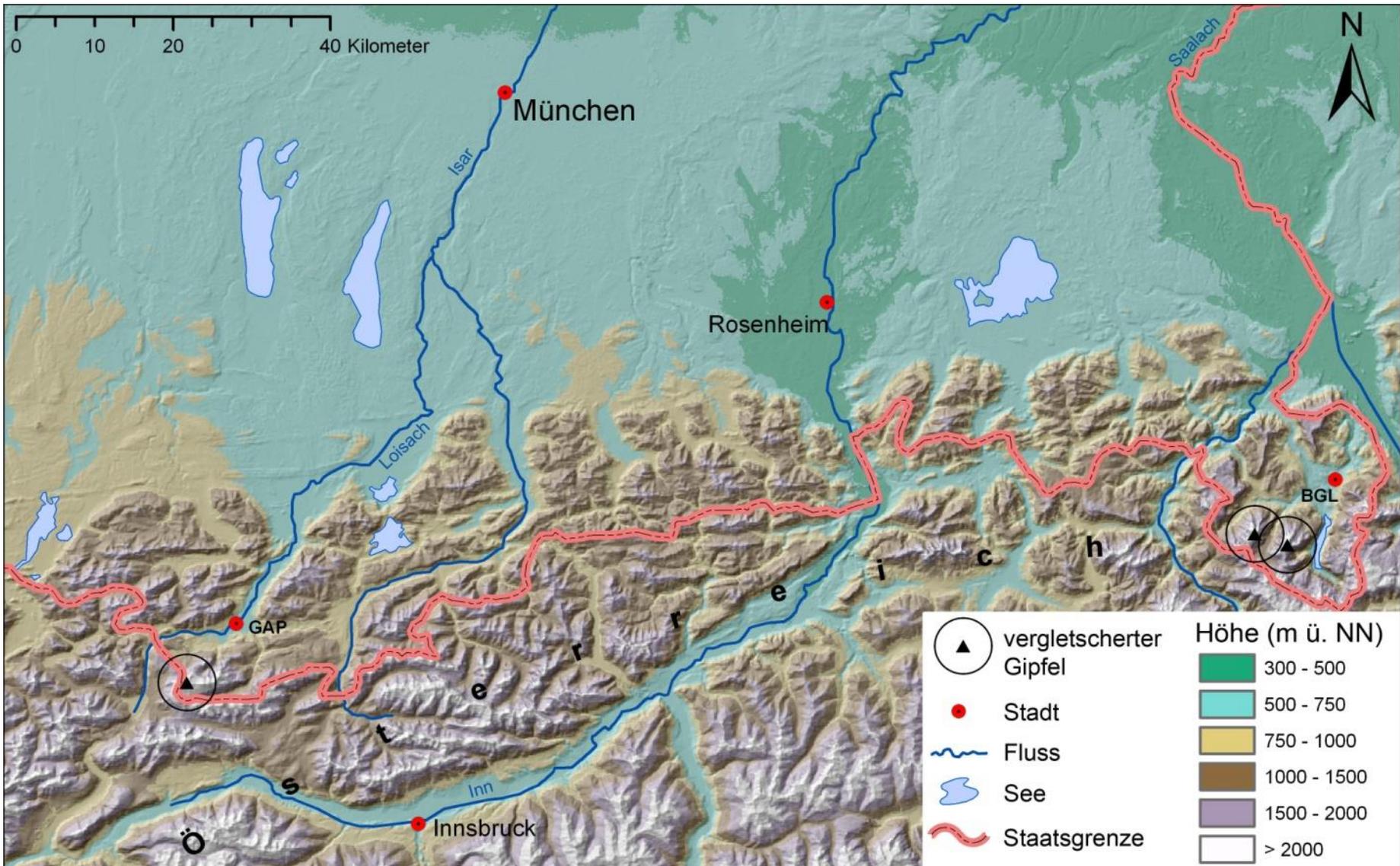


# Gletscher als Klimaindikatoren

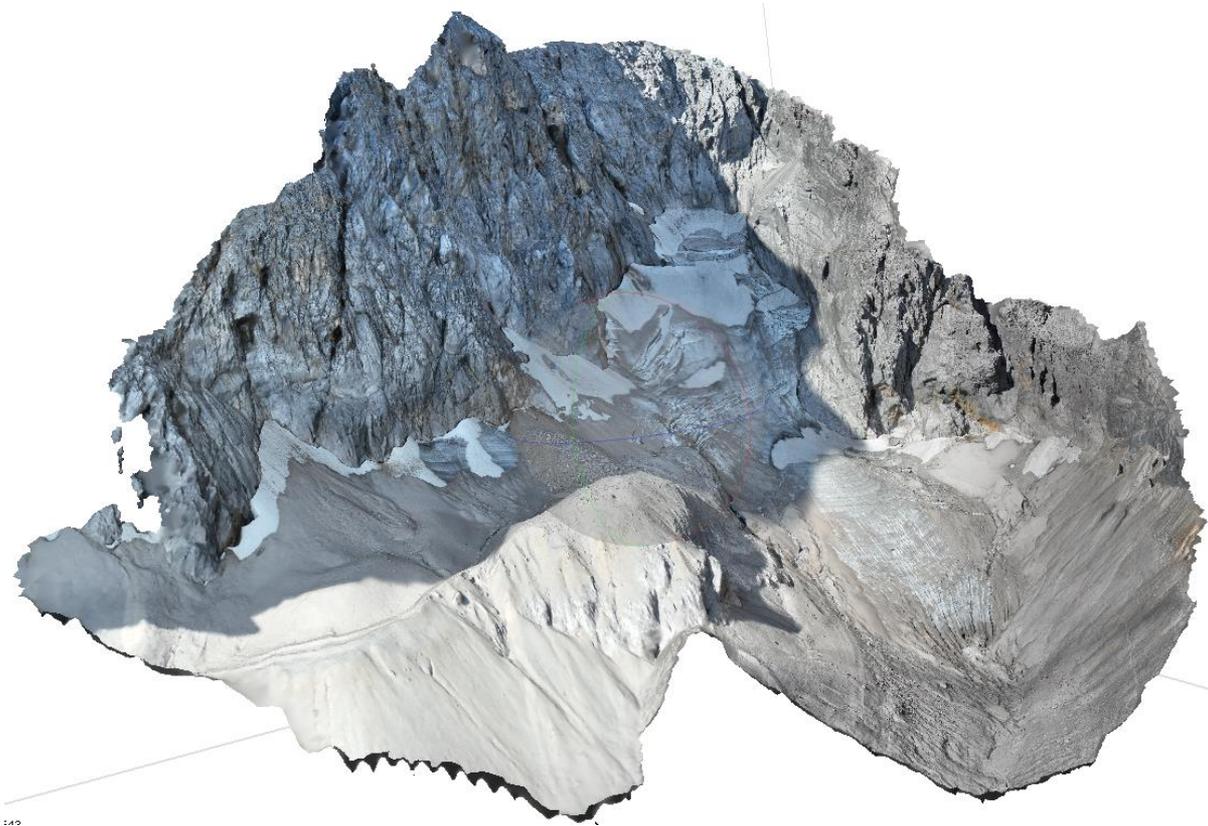
- Filtern kurze Witterungsereignisse heraus
- Machen kleine Veränderungen sichtbar
- Daten aus Gebieten ohne Messungen
- Ehemalige Ausdehnungen sichtbar
- nachvollziehbar



## 2. Gletscherschwund in Bayern

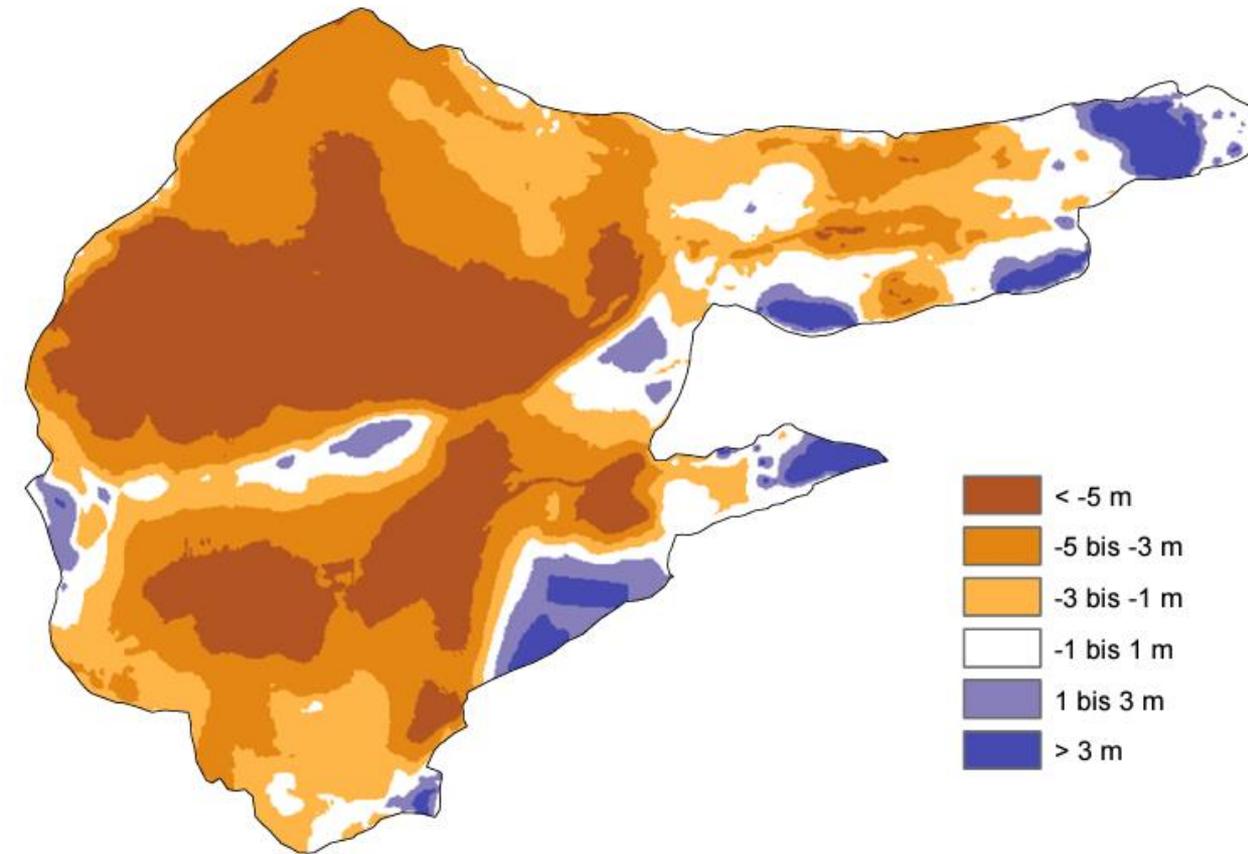


# Messmethode 2023: Drohne und (digitale) Photogrammetrie

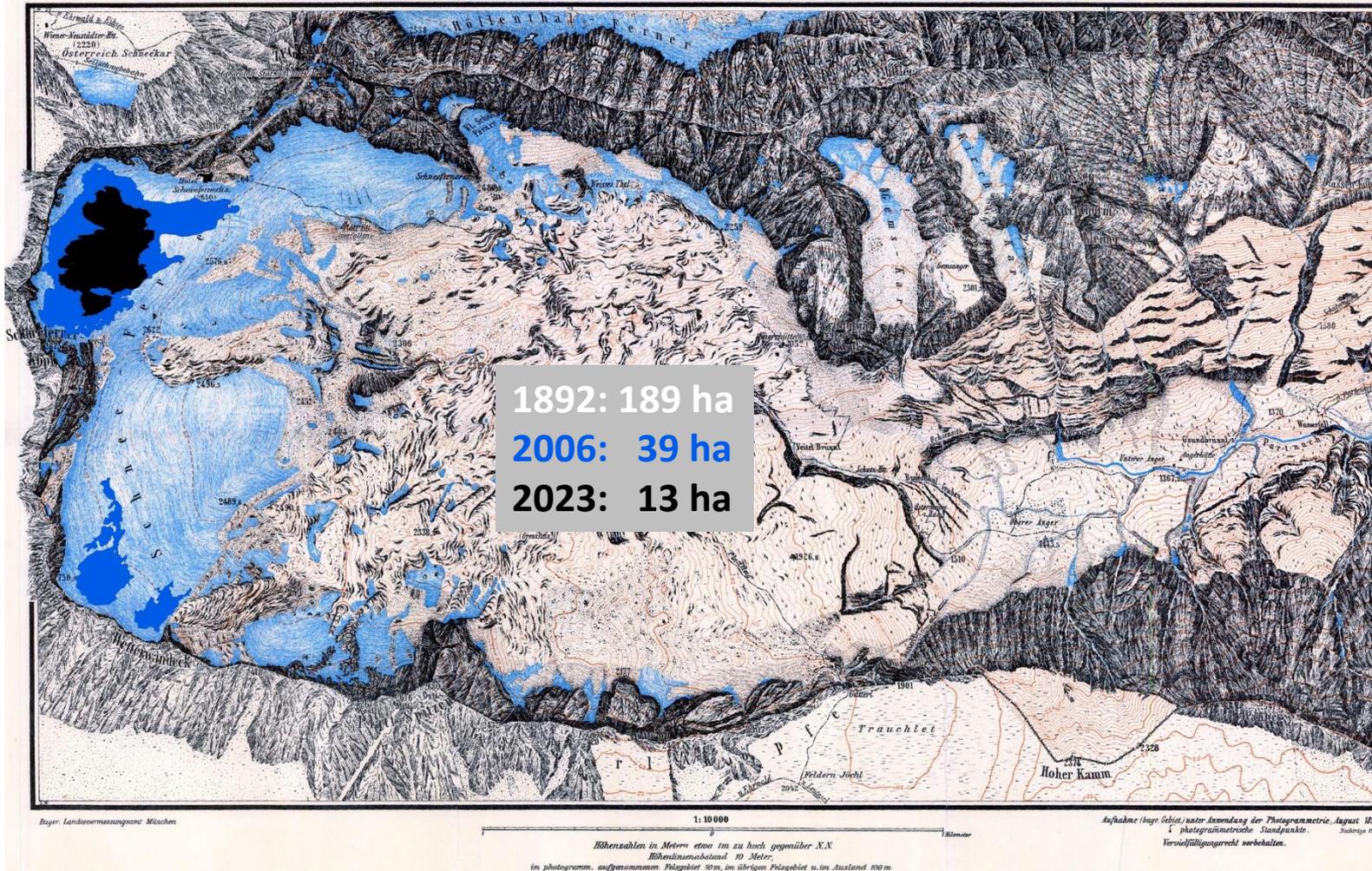


Höllentalferner

## Nördlicher Schneeferner Höhenänderung 2015-2018



# ZUGSPITZE



Finsterwalder und Jäger (1892)



2006



# Offiziell! Schneeferner ist kein Gletscher mehr



Wilfried Hagg (links) und Christoph Mayer, Autoren des Bayerischen Gletscherberichts „Zukunft ohne Eis“, erkunden die Eisdicke mit Georadar am 13. September. Foto: Laura Schmidt, Grafik: dpa

Nur noch vier Gletscher in Deutschland

27.9.2022

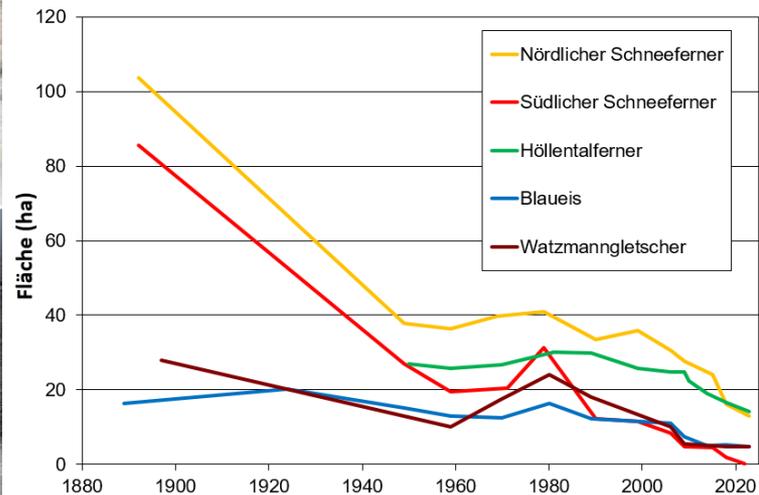
## Nördlicher Schneeferner

## Höllentalferner



Blaueis

Watzmanngletscher



# 3. Lokale Folgen

## Zunahme alpiner Naturgefahren

- a) Felsstürze
- b) Murgänge
- c) Ausbrüche proglazialer Seen



## a) Felsstürze

Fehlende Stütze an übersteilten Felswänden

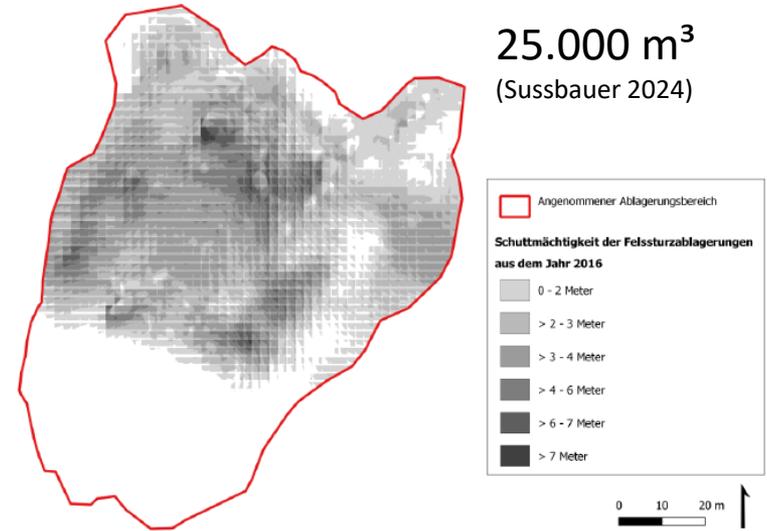
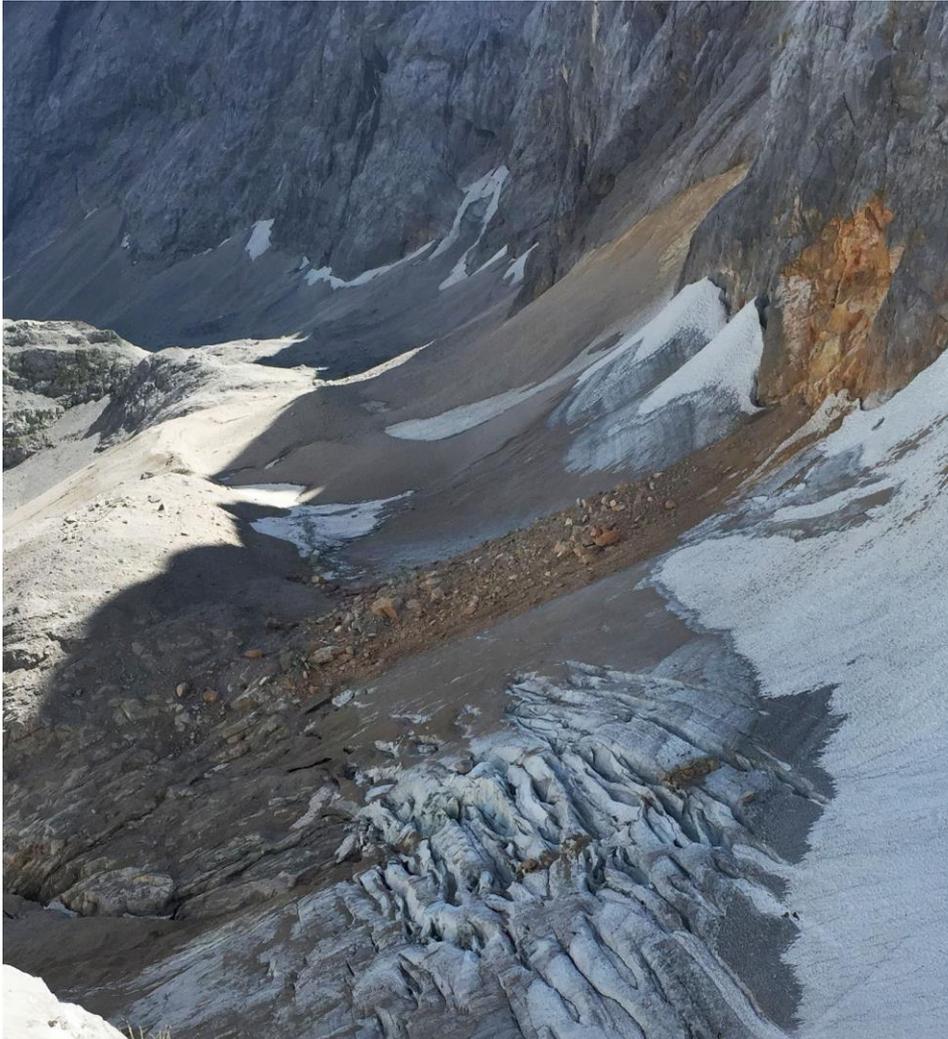
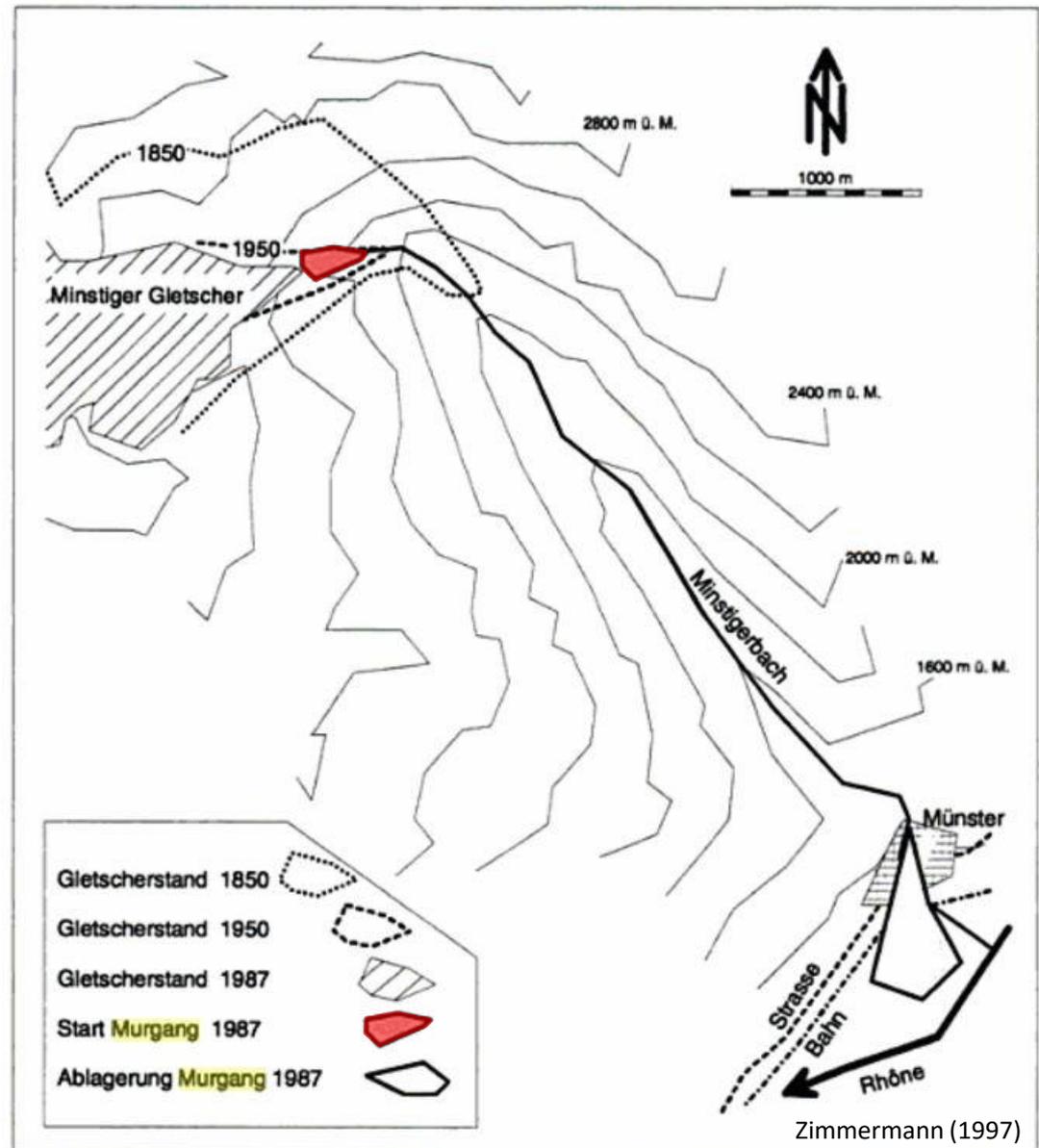


Abbildung 12: Die Schuttmächtigkeit im angenommen Ablagerungsgebiets des Felssturzes

Beispiel: Höllentalferner

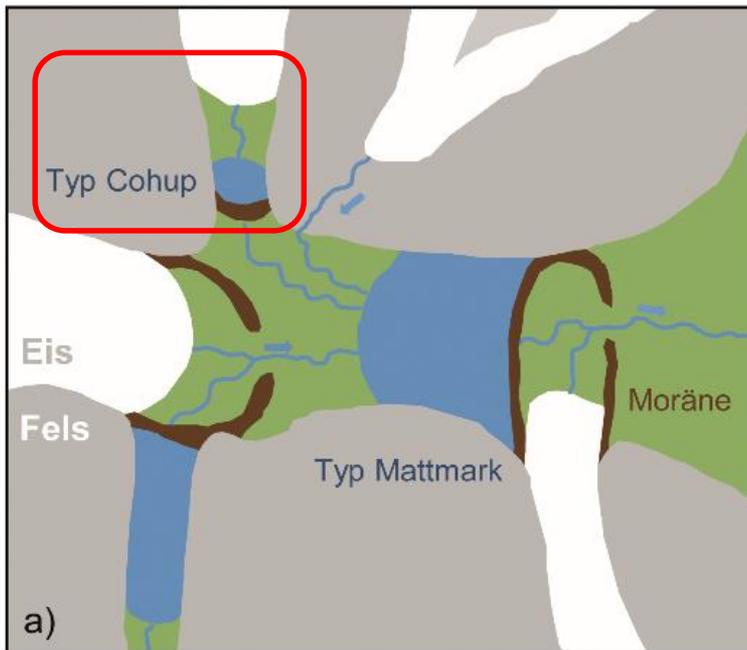
## b) Murgänge

Freilegung von Schuttdepots  
=> Anrissgebiete für Murgänge

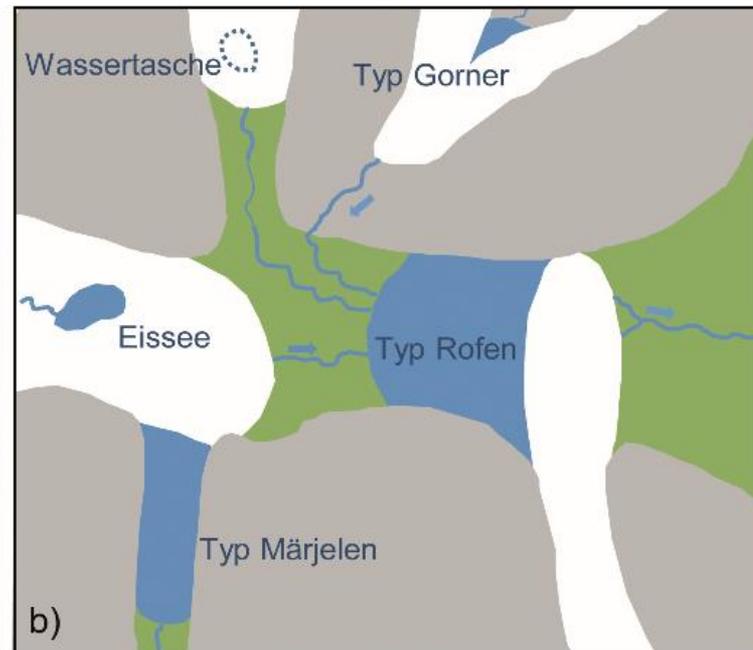


## c) Ausbrüche proglazialer Seen

### moränengestaute Seen



### eisgestaute Seen



Hagg (2020)

## c) Ausbrüche proglazialer Seen



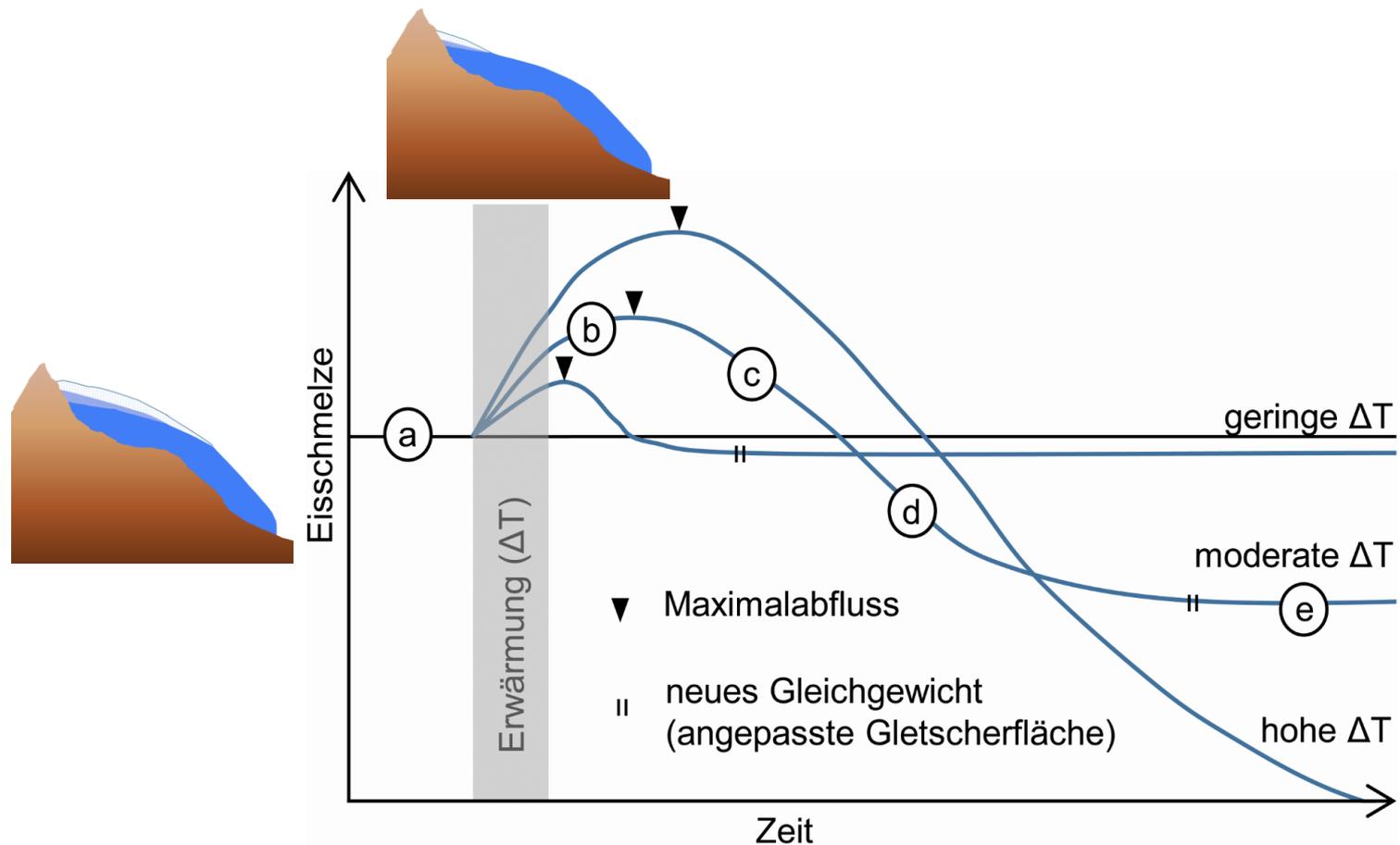
Laguna Cohup, Peru 1947 (Foto: A. Heim)

Ausbruch Dezember 1941

Huaraz: 7000 Todesopfer!



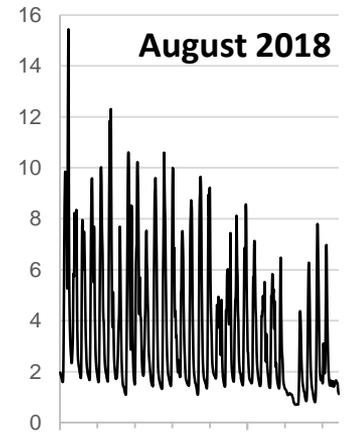
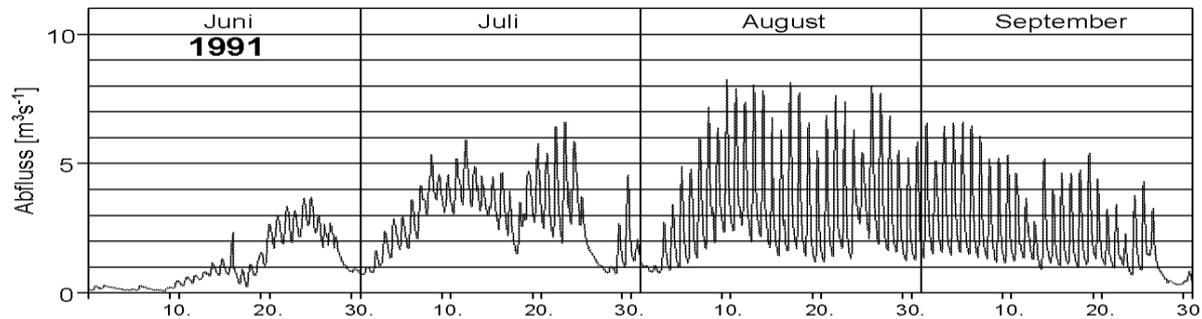
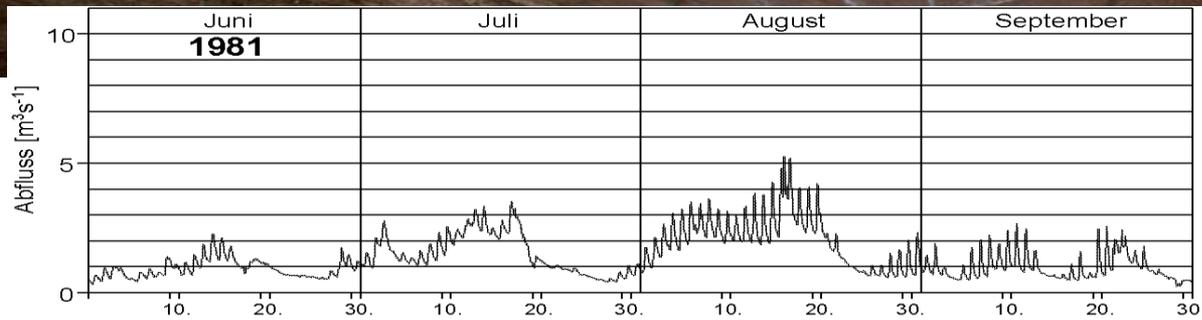
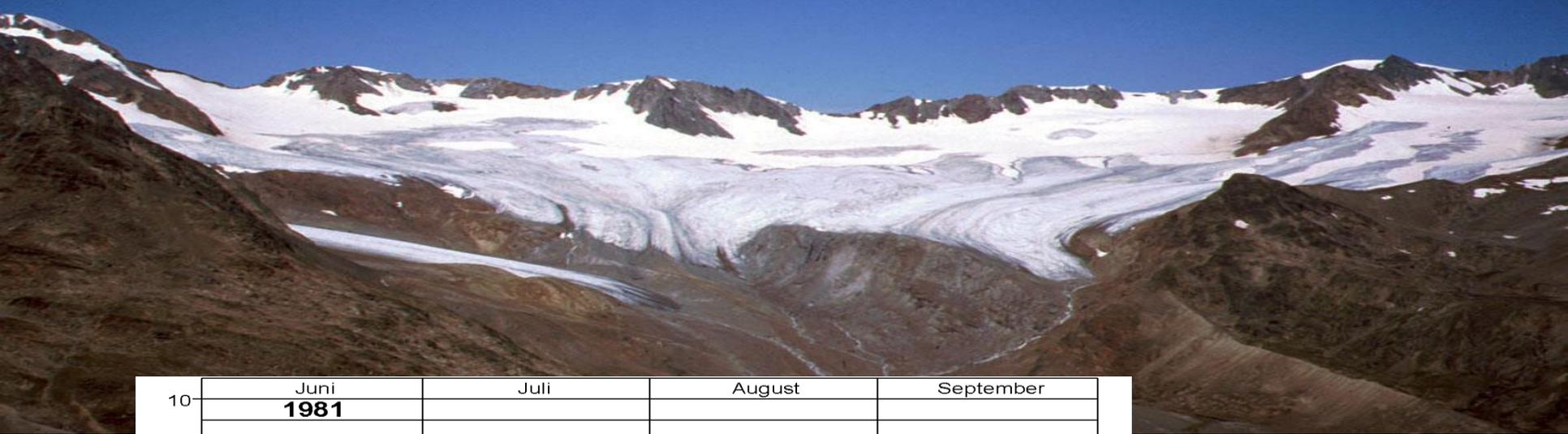
# 4. Regionale Folgen



Hagg (2020)

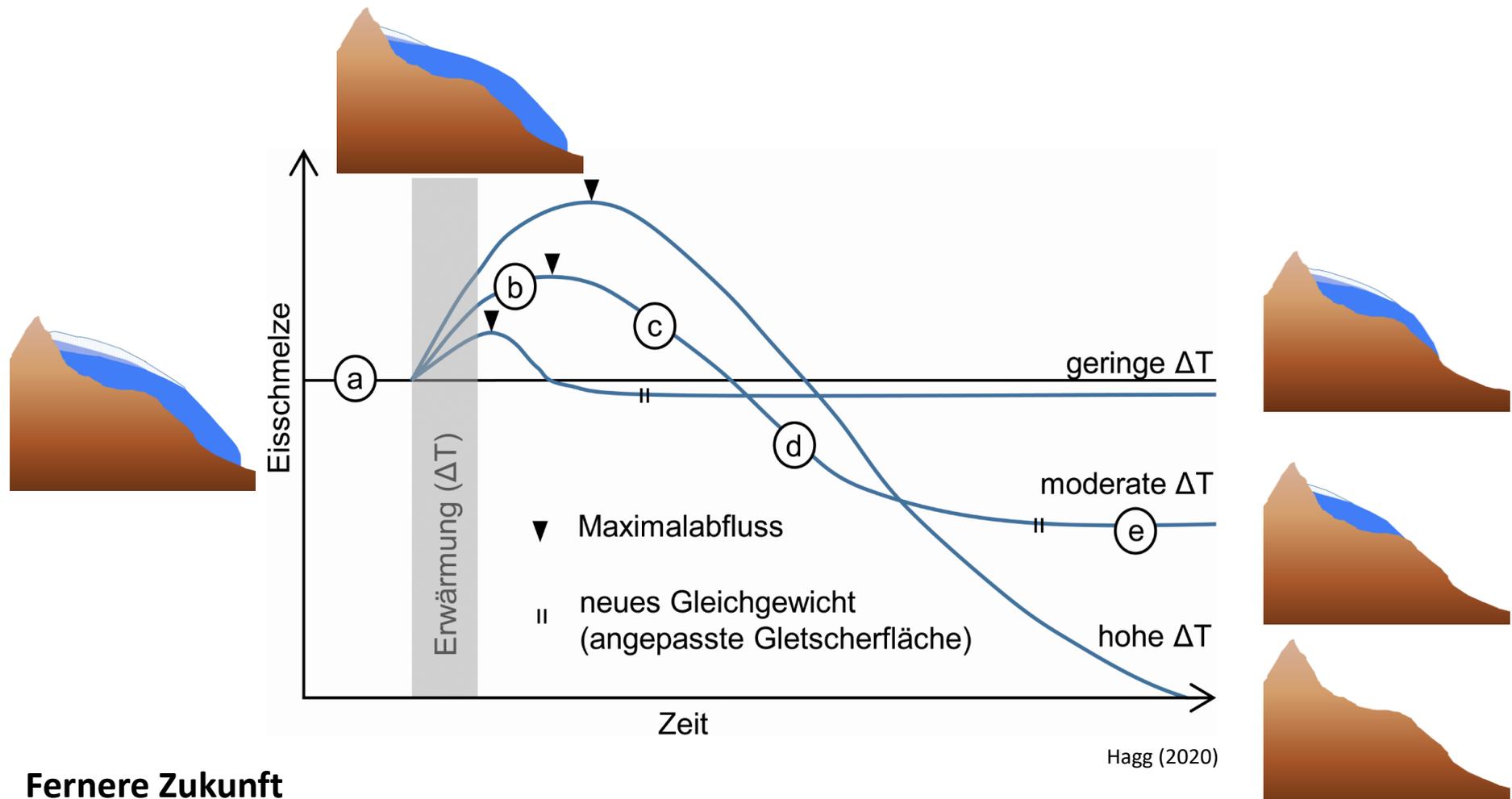
## Heute und nahe Zukunft:

- Vergrößerung der Zehrgebiete => Erhöhung der Eisschmelze
  - Verkleinerung der Nährgebiete => Verringerung der Pufferwirkung
- ⇒ Erhöhung der Hochwasserdisposition



größere Eisfläche => höhere Schmelzrate!  
fehlende Pufferwirkung des Schnees => sofort abflusswirksam!

# Hydrologische Auswirkungen



## Fernere Zukunft

Nach starkem bzw. vollständigem Flächenschwund: Abnahme bzw. Verlust der Eisschmelze  
 => Wassermangel im Sommer

# Hydrologische Auswirkungen



Trockenfallen von Flüssen im Sommer 2003 (Foto: L. Braun)

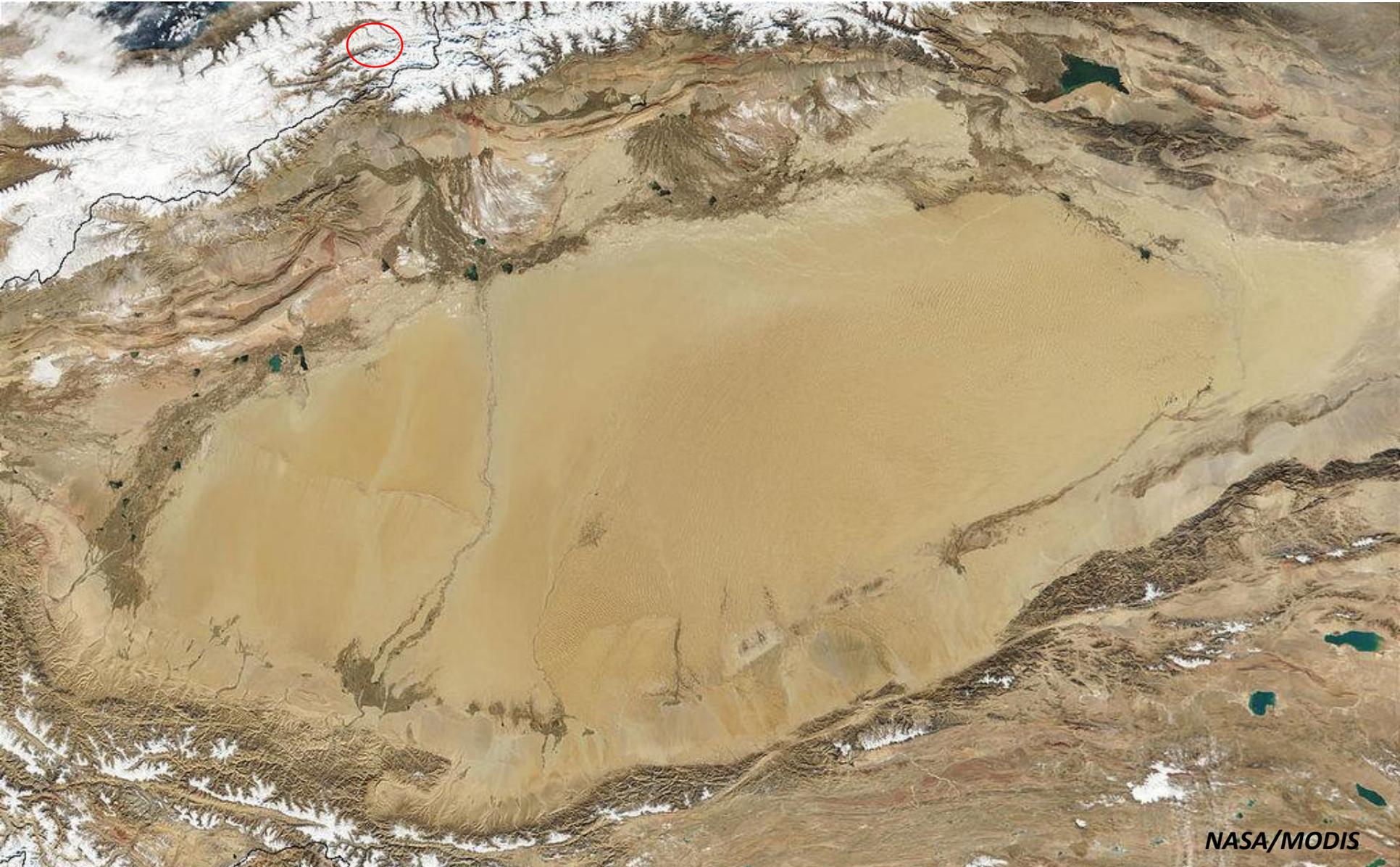
## Fernere Zukunft

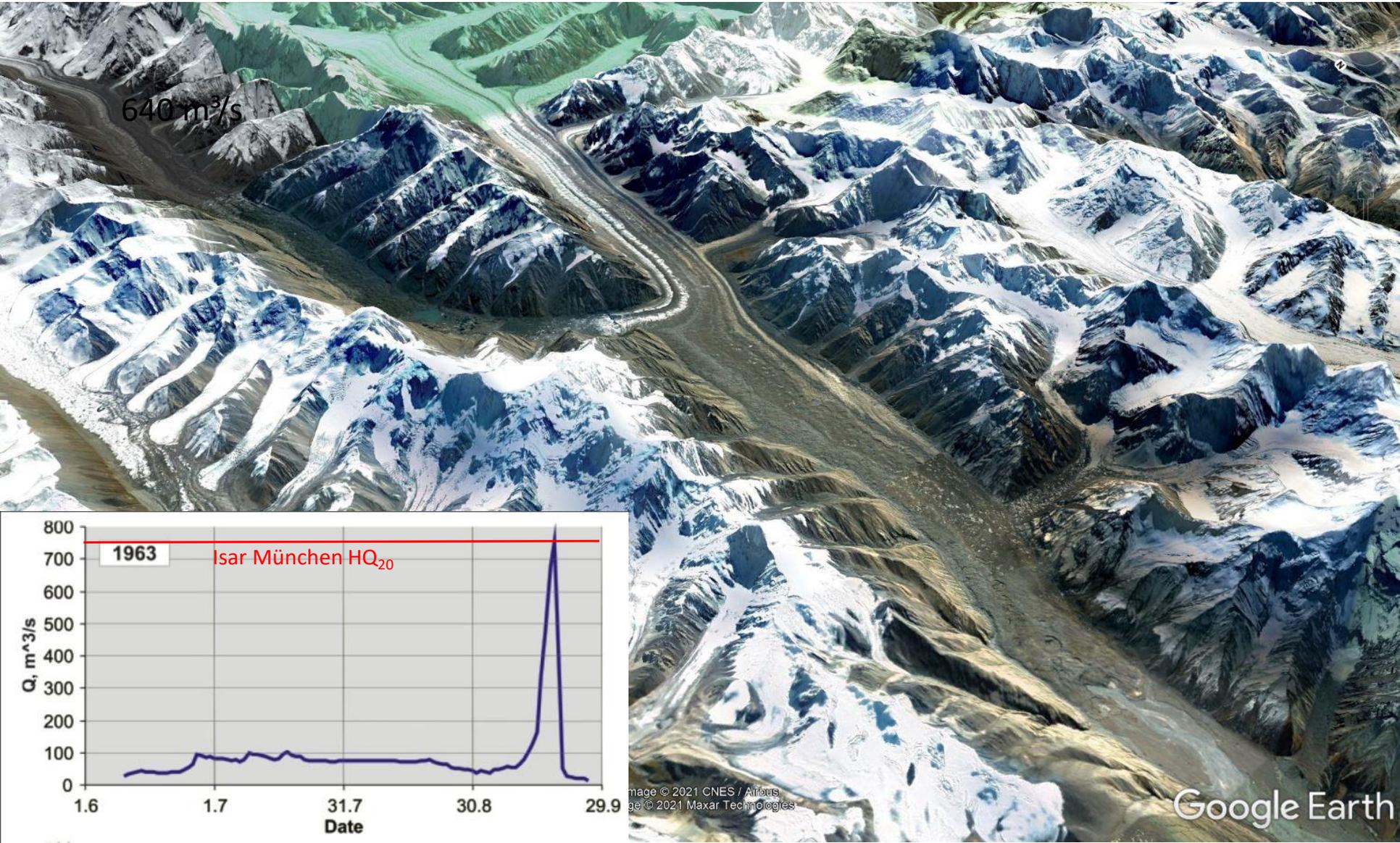
Nach starkem bzw. vollständigem Flächenschwund: Abnahme bzw. Verlust der Eisschmelze

=> Wassermangel im Sommer

=> Verlust der Kompensationswirkung  => stärkere Schwankungen von Jahr zu Jahr

# 1. Fallbeispiel: Inyltschek-Gletscher





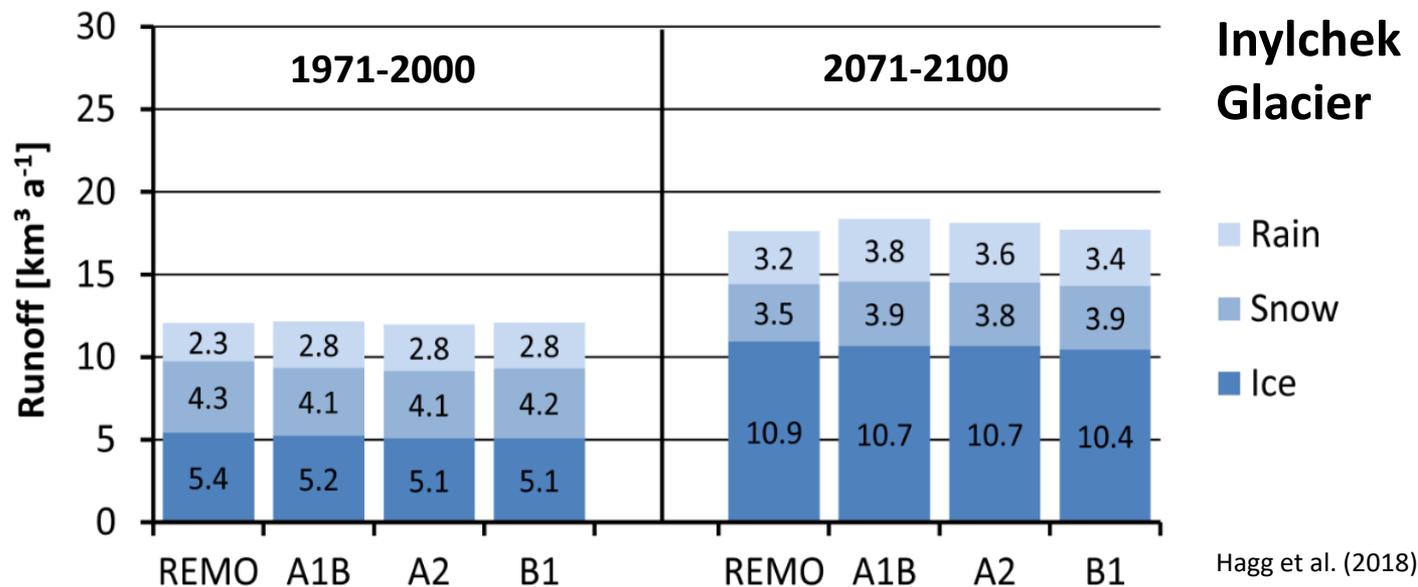
640 m³/s



Image © 2021 CNES / Airbus  
Google © 2021 Maxar Technologies

Google Earth

## Abflussmodellierung - Zukunftsszenarien



=> in hochvergletscherten Gebieten  
werden Abflüsse noch lange erhöht sein

## 2. Fallbeispiel: Pamir

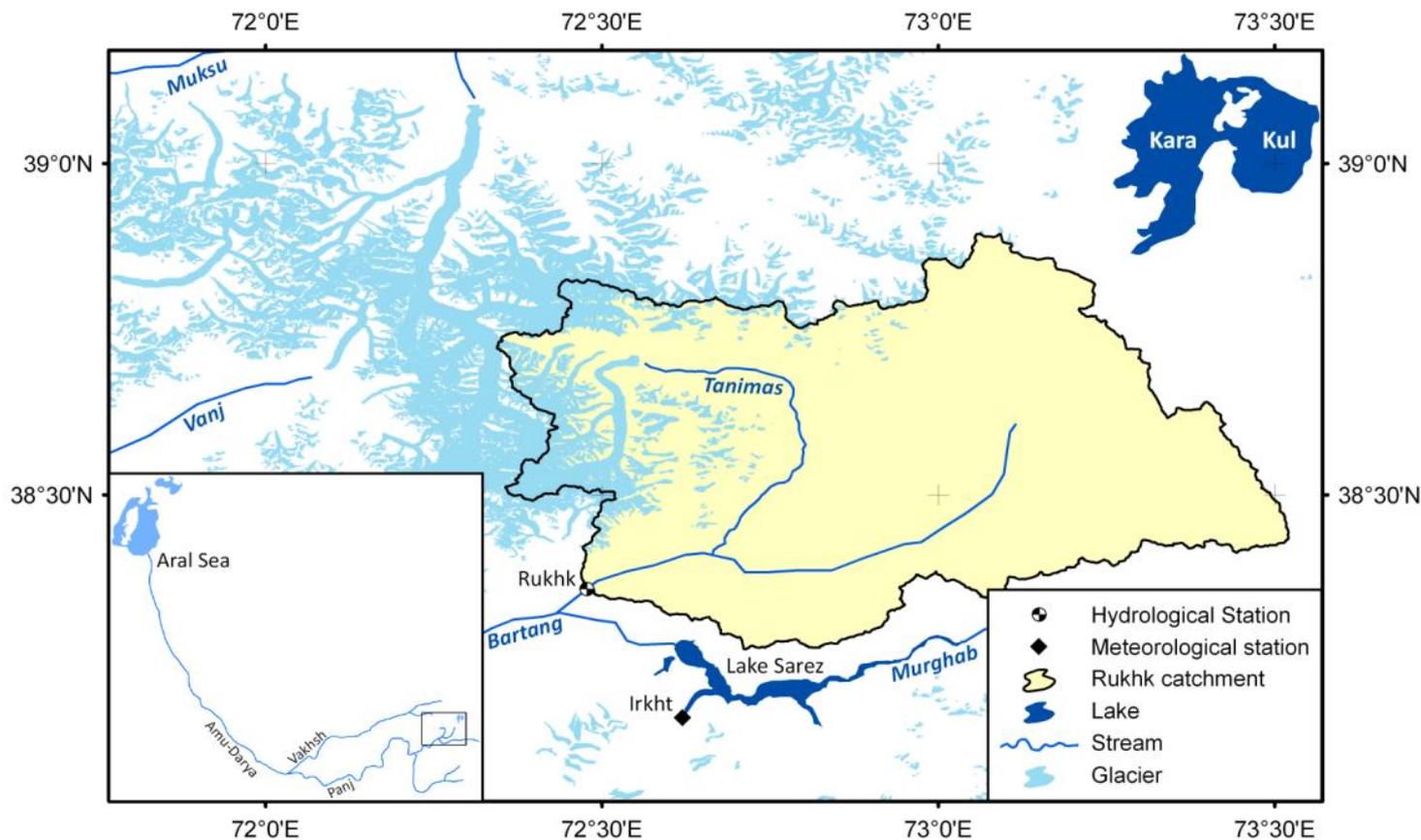


Food and Agriculture Organization  
of the United Nations

FAO-UNESCO  
Climate Impact Study on Stream Flow

Abschätzung der  
Wasserbilanz im Pamir  
zur Mitte des 21.  
Jahrhunderts

# Untersuchungsgebiet

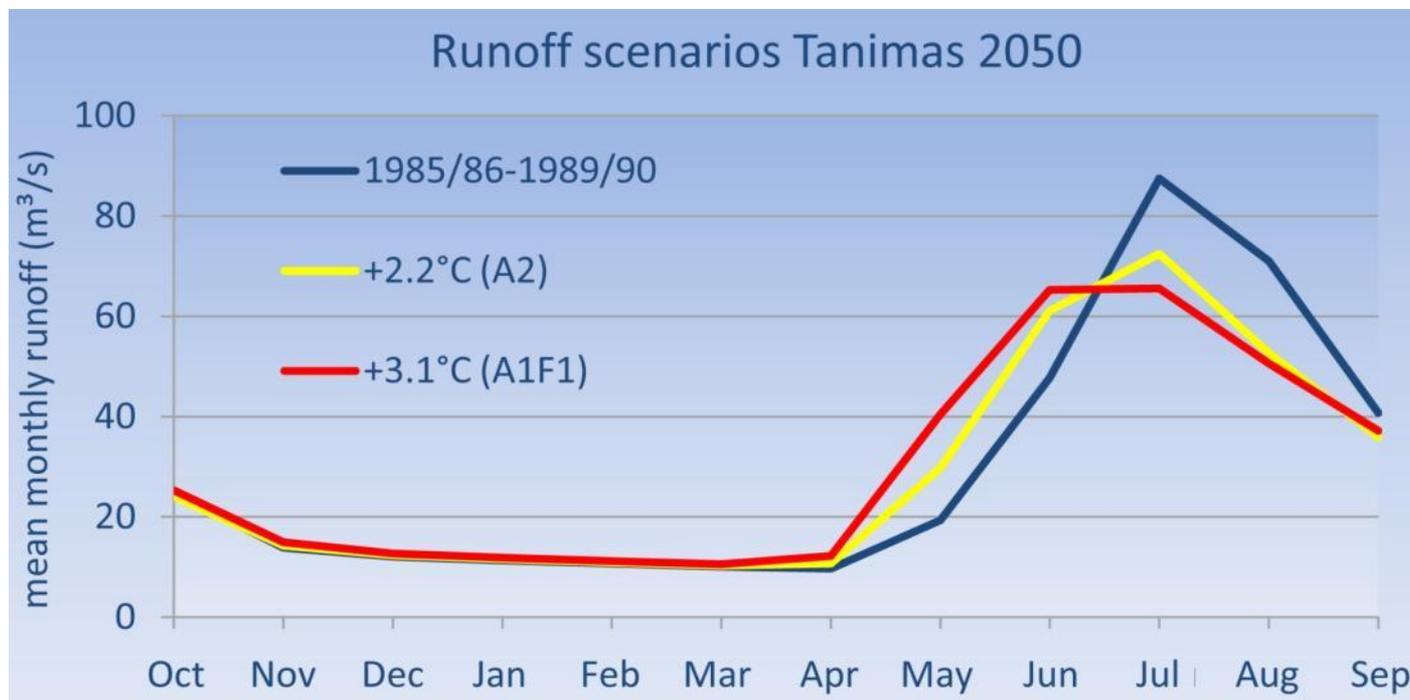


Hagg et al. (2013)

Tanimas Tal (4306 km<sup>2</sup>, Vergletscherung: 10%)

## HBV-ETH Abflussmodell

### Monatsmittel



Hagg et al. (2013)

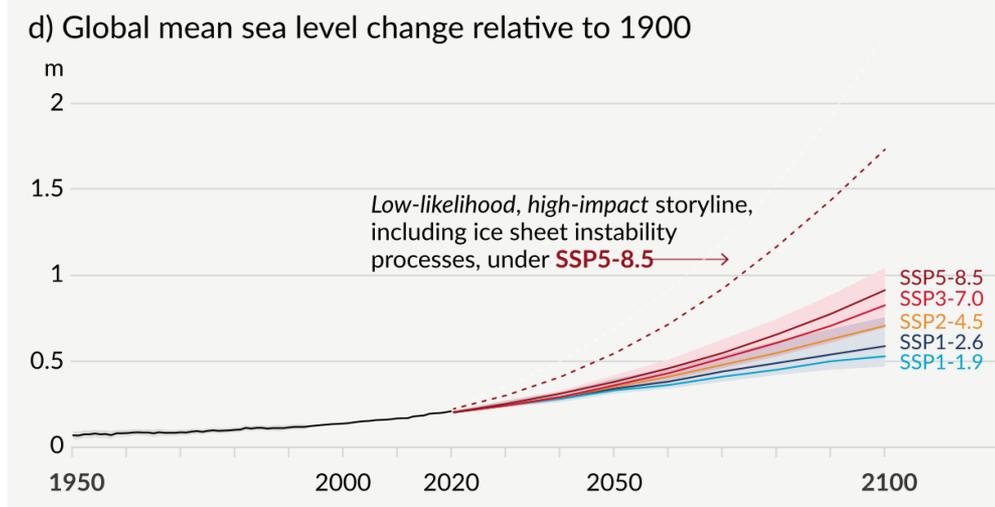
Jahreszeitliche Umverteilung:

Anstieg Mai-Juni (bis zu 100%)

Defizit Jul-Aug (bis zu -30%)

**=> ungünstig für Landwirtschaft flussabwärts**

## 5. Globale Folgen: Meeresspiegelanstieg



IPCC (2021)

1901-2018: 20 cm

1971-2006: 1.9 mm/a

2006-2018: 3.7 mm/a

1971-2018:

Thermische Ausdehnung: 50%

Gletscherschmelze: 42%

Rest (terrestr. Speicher) 8%

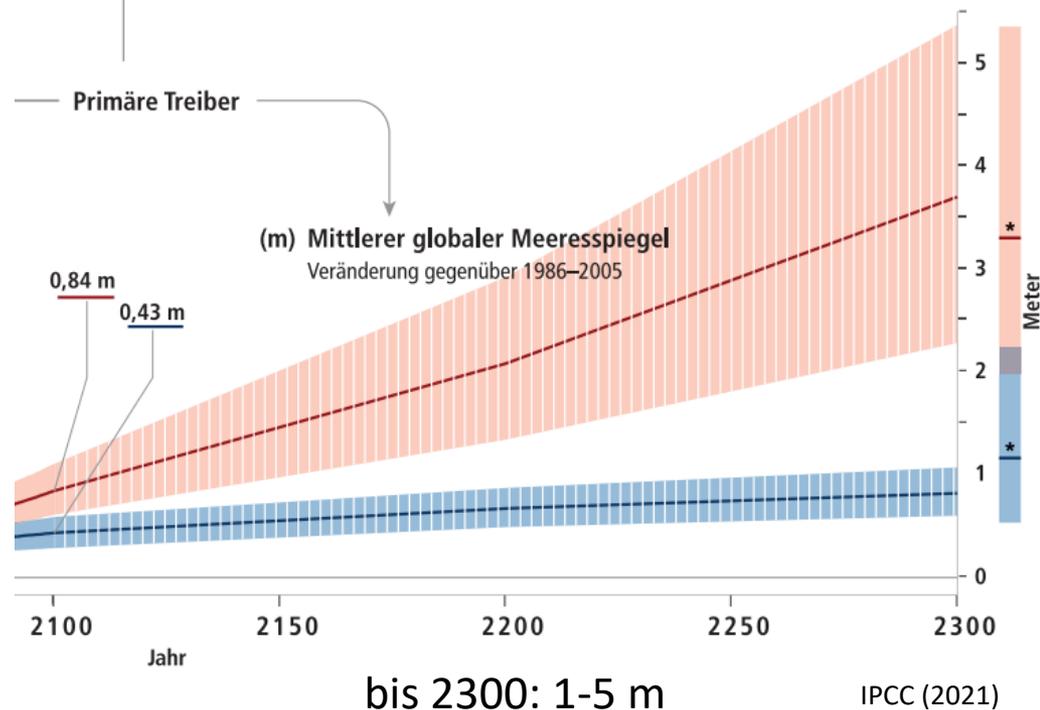


Gebirggletscher: 22%

Grönland + Antarktis: 20%

bis 2100: 0.5 bis 1 m

# 5. Globale Folgen: Meeresspiegelanstieg



- 1901-2018: 20 cm
- 1971-2006: 1.9 mm/a
- 2006-2018: 3.7 mm/a



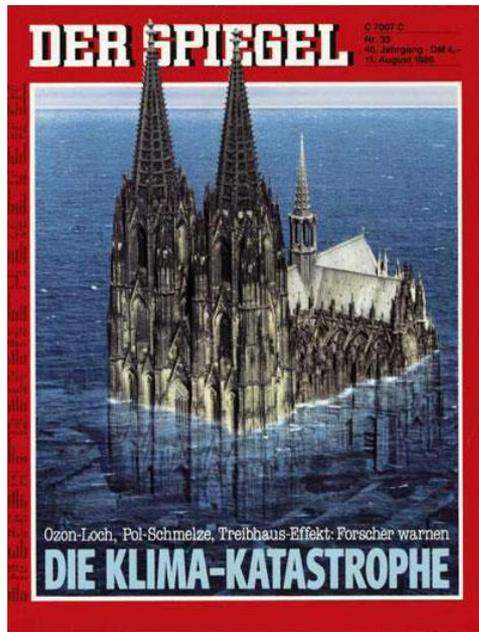
Bayerische Gletscher: 0.0000098 mm

## 5. Globale Folgen: Meeresspiegelanstieg

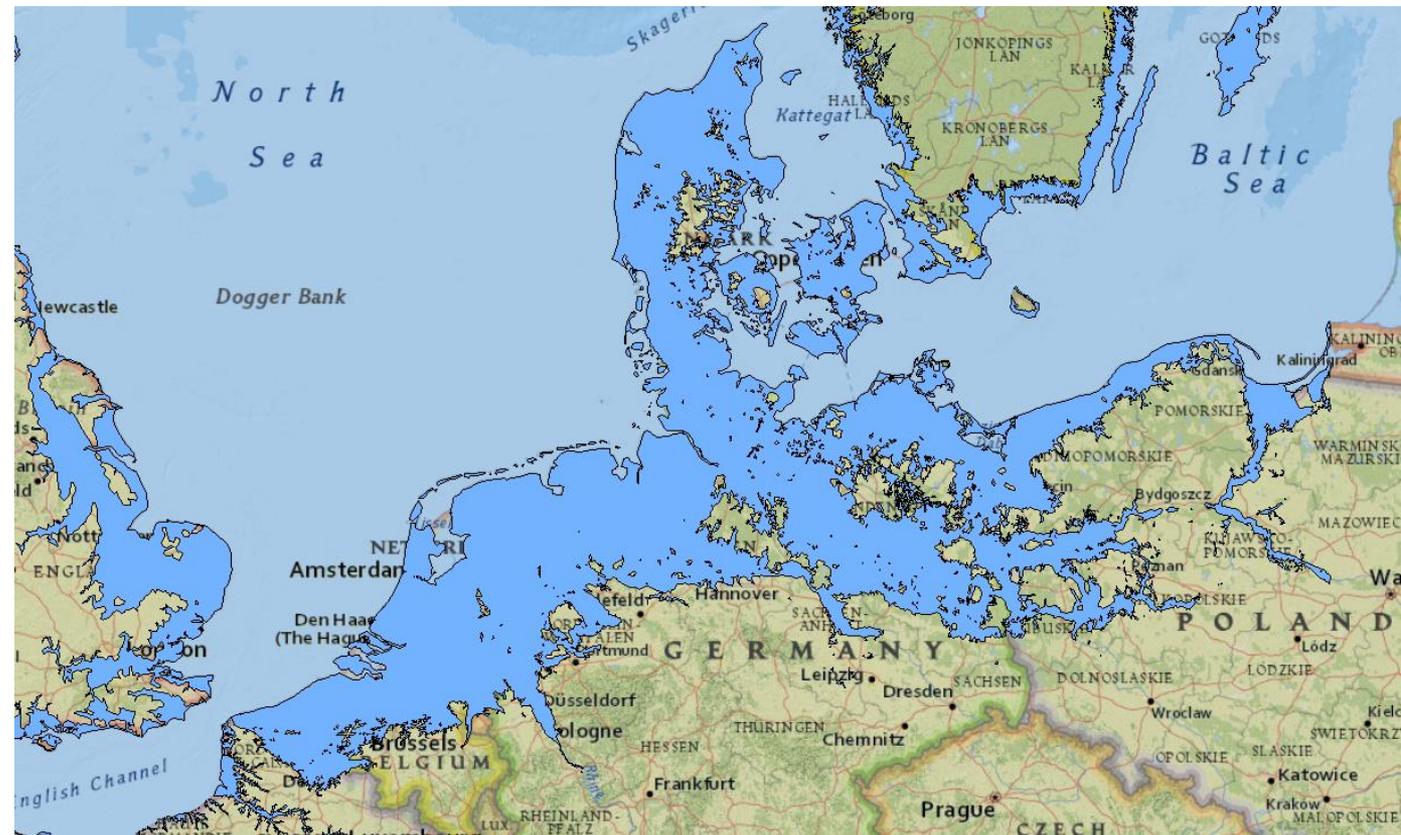
### Meeresspiegeläquivalente

Gletscher	0.5 m	} 64.5 m
Grönland	7 m	
Antarktis	57 m	

Würde selbst bei starker Erwärmung Jahrtausende dauern!



Kölner Domplatte:  
55 m ü. M.  
(ca. 10 m unter Wasser)



# Zusammenfassung



- Gletscherschwund ist ein globales Phänomen und es hat zunehmende Tendenz, auch größere Alpengletscher (z.B. Vernagtferner) werden in diesem Jahrhundert verschwinden
- lokale Folge des Gletscherschwunds ist eine vorübergehende Zunahme von Naturgefahren (Felsstürze, Murgänge, Gletscherseeausbrüche)
- regionale Folgen sind Veränderungen der saisonalen Wasserverfügbarkeit
  - in naher Zukunft oder stark vergletscherten Gebieten: **Hochwassergefahr**
  - in ferner Zukunft oder in schwach vergletscherten Gebieten: **Niedrigwassergefahr**
- globale Folge ist der Anstieg des Meeresspiegels
- Gletscherschwund kann nur durch Stoppen der Erwärmung aufgehalten werden