

Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report

Gletscheränderungen als Klimaindikator

Frank Paul

Leitautor Kapitel 4 der IPCC Arbeitsgruppe I

© Yann Arthus-Bertrand / Altitude

Typischer Alpengletscher



Paul

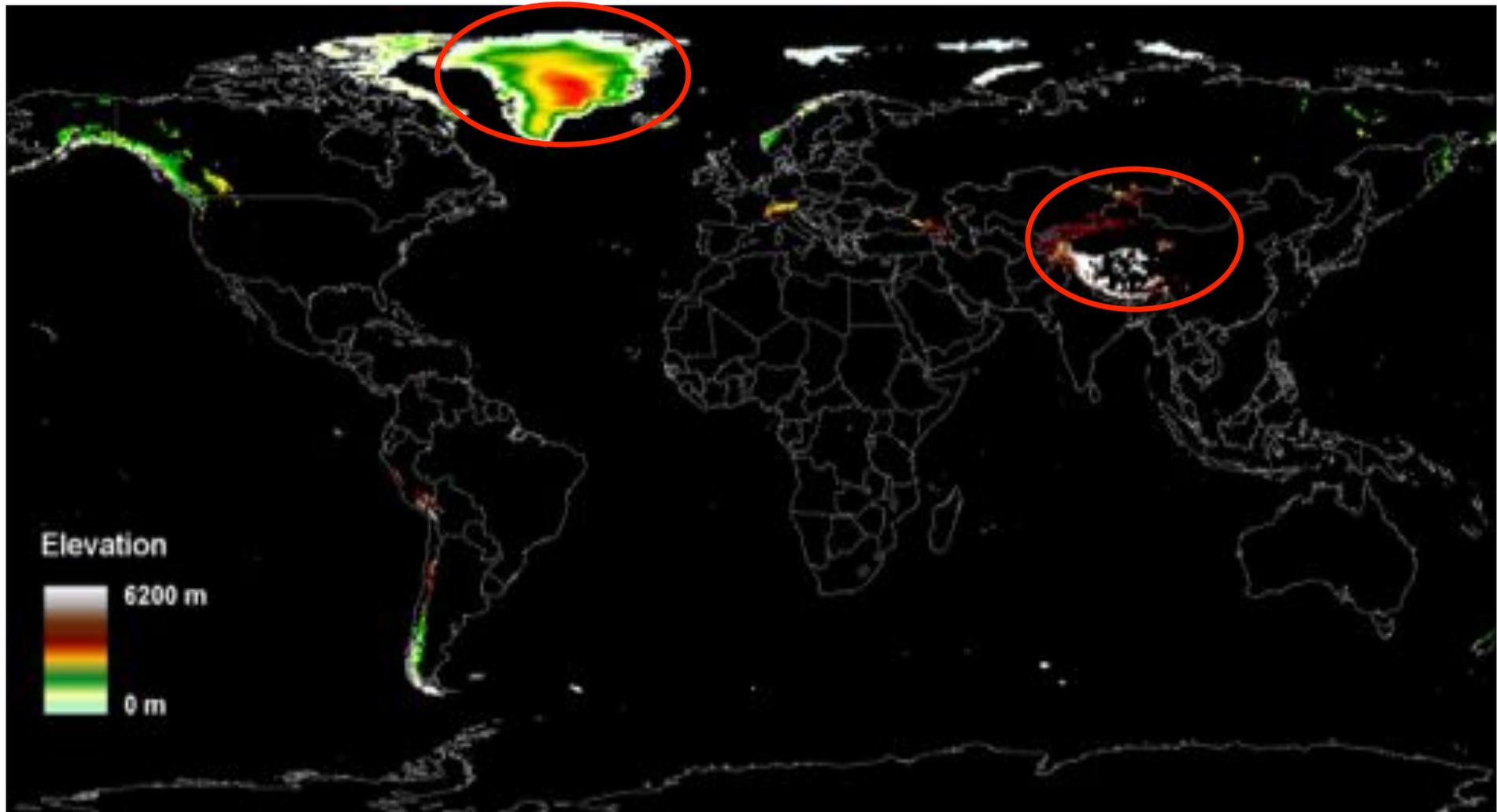
Wichtige Eigenschaften von Gletschern

- Ein Gletscher besteht aus komprimiertem Schnee (Körner) und nicht aus gefrorenem Wasser (Eisblock)
- Gletscher befinden sich dort wo der Schnee nicht schmilzt
 - genügend Niederschlag & tiefe Temperatur => Gebirge, polare Regionen)
- Gletscher können fließen (Massentransport vom Akkumulations- zum Ablationsgebiet wo das Eis schmilzt)
- Das Eis befindet sich am Druckschmelzpunkt, d.h. jede weitere Energiezufuhr schmilzt das Eis
- Wenn die Masse welche als Winterschnee dazukommt im Sommer wieder schmilzt, ist die sog. Massenbilanz = 0
 - dieser natürliche Kreislauf bewirkt keinen Meeresspiegelanstieg!
 - dazu muss Netto mehr schmelzen als hinzu kommt (negative Bilanz)

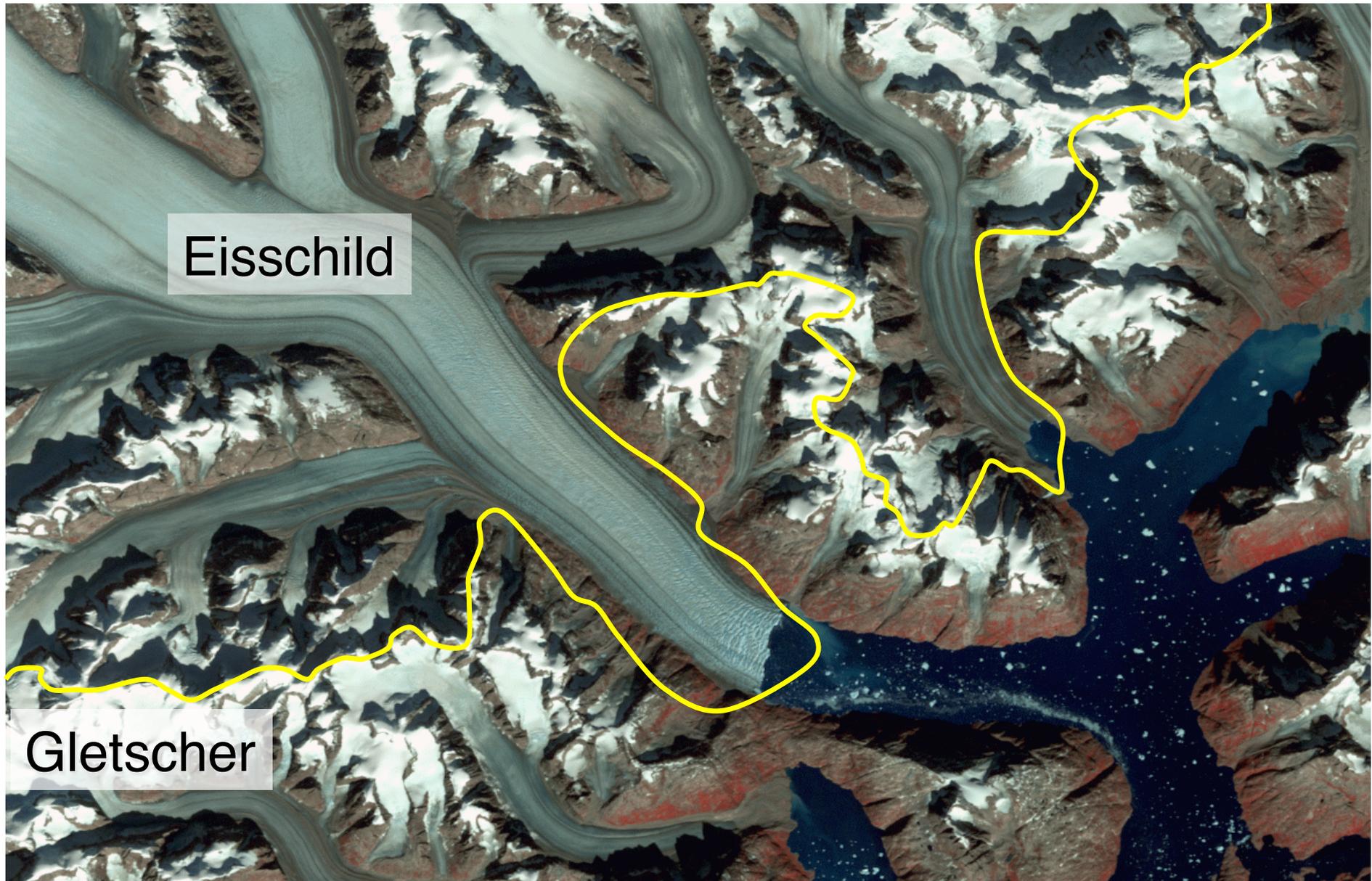
Gletschertypen weltweit



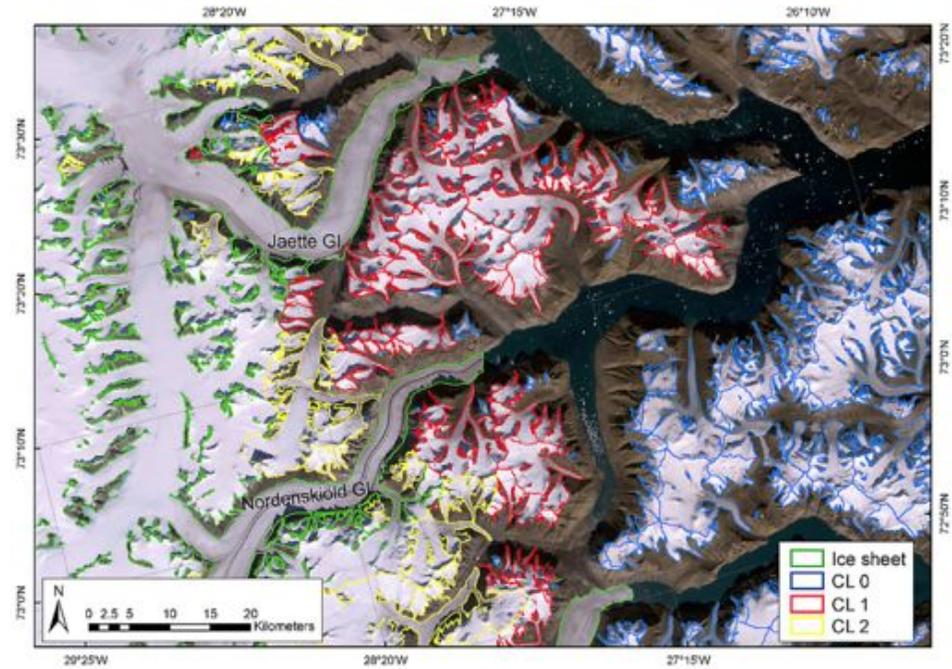
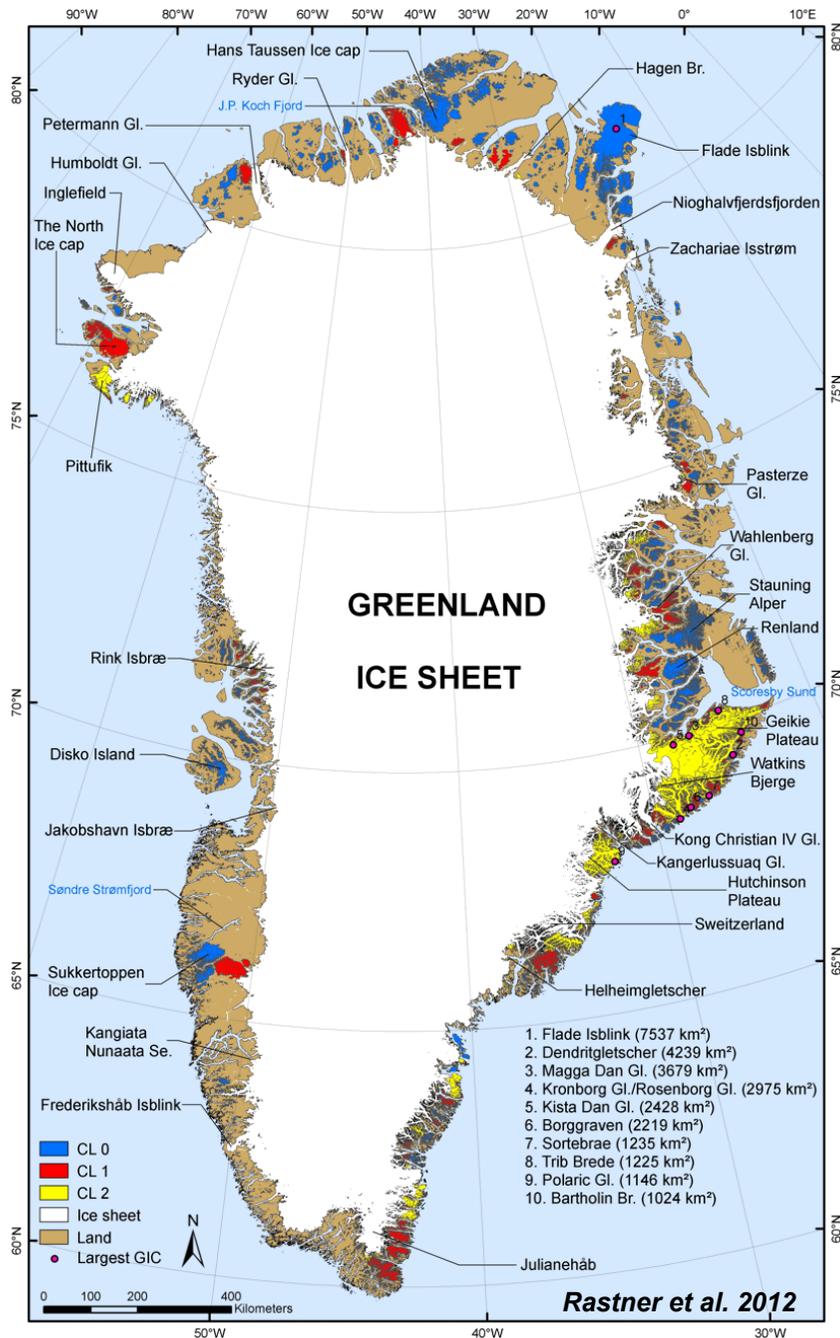
Gletscherverbreitung und mittlere Höhe



Wo ist die Grenze Gletscher / Eisschild?



Gletscher auf Grönland

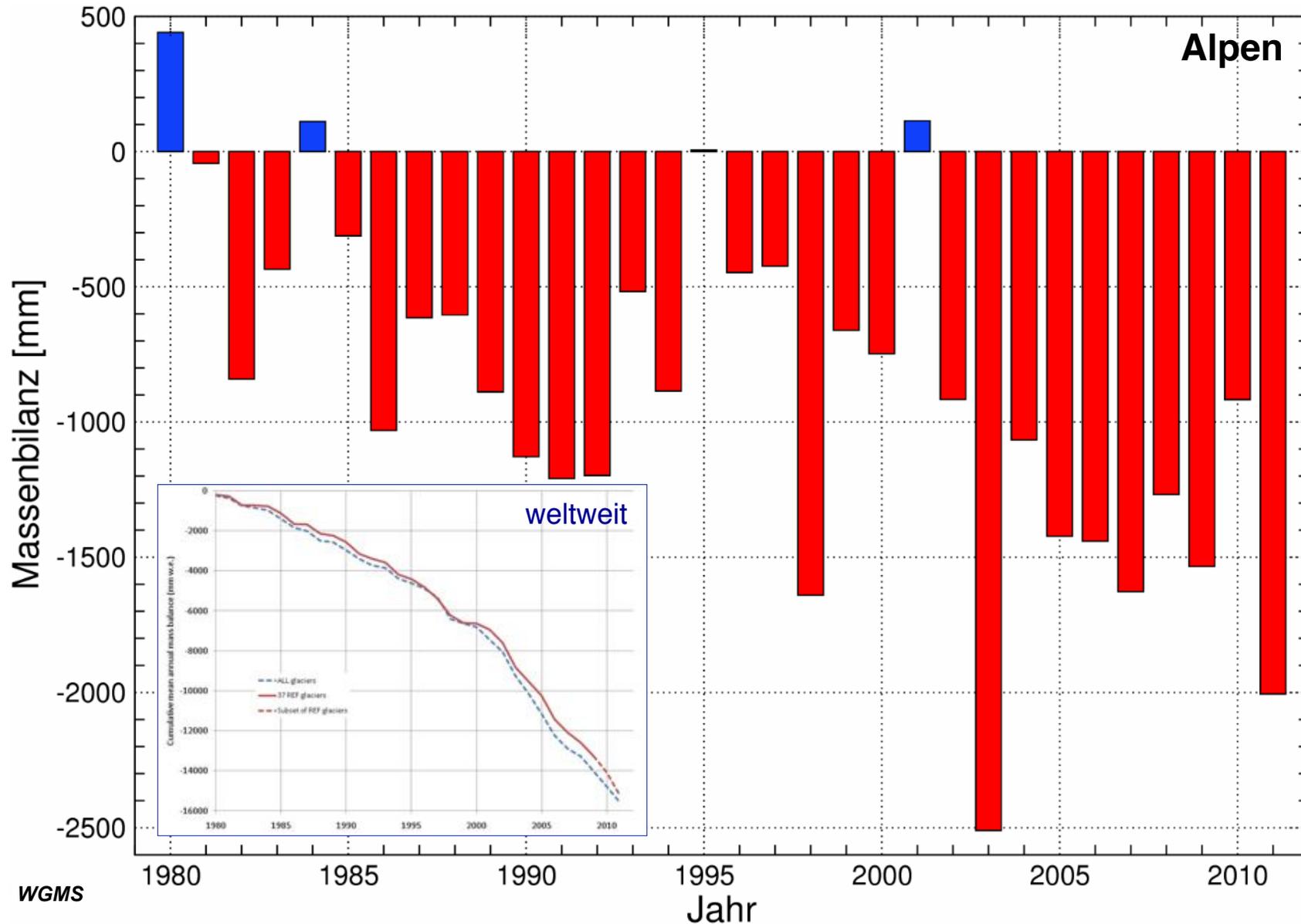


Kennzahlen aus dem RGI

Region	<i>n</i>	<i>S</i> (km ²)	<i>V</i> (km ³)	\bar{h} (m)	SLE (mm)
Alaska	22,916	89,901	20,402 ± 1,501	226	50.7 ± 3.7
Antarctic and Subantarctic	3,318	133,173	37,517 ± 8,402	281	93.1 ± 20.9
Arctic Canada North	3,205	105,139	34,399 ± 4,699	327	85.4 ± 11.7
Arctic Canada South	6,679	40,893	9,814 ± 1,115	240	24.4 ± 2.8
Caucasus and Middle East	1,335	1,121	61 ± 6	55	0.2 ± 0.0
Central Asia	30,131	64,448	5,026 ± 503	77	12.5 ± 1.2
Central Europe	3,888	2,060	117 ± 10	56	0.3 ± 0.0
Greenland Periphery	13,860	87,765	19,042 ± 2,655	216	47.3 ± 6.6
Iceland	289	11,055	4,441 ± 370	401	11.0 ± 0.9
Low Latitudes	4,979	4,074	144 ± 16	35	0.4 ± 0.0
New Zealand	3,002	1,160	70 ± 5	60	0.2 ± 0.0
North Asia	3,455	2,816	140 ± 15	49	0.3 ± 0.0
Russian Arctic	353	51,665	16,839 ± 2,205	325	41.8 ± 5.5
Scandinavia	1,795	2,846	256 ± 19	90	0.6 ± 0.0
South Asia East	13,615	21,699	1,312 ± 119	60	3.3 ± 0.3
South Asia West	22,563	33,961	3,241 ± 287	95	8.0 ± 0.7
Southern Andes	19,089	32,521	6,674 ± 507	205	16.6 ± 1.3
Svalbard	2,058	33,932	9,685 ± 922	285	24.0 ± 2.3
Western Canada and USA	14,516	14,615	1,025 ± 84	70	2.5 ± 0.2
Total	171,046	734,856	170,214 ± 20,688	231	422.6 ± 57.1

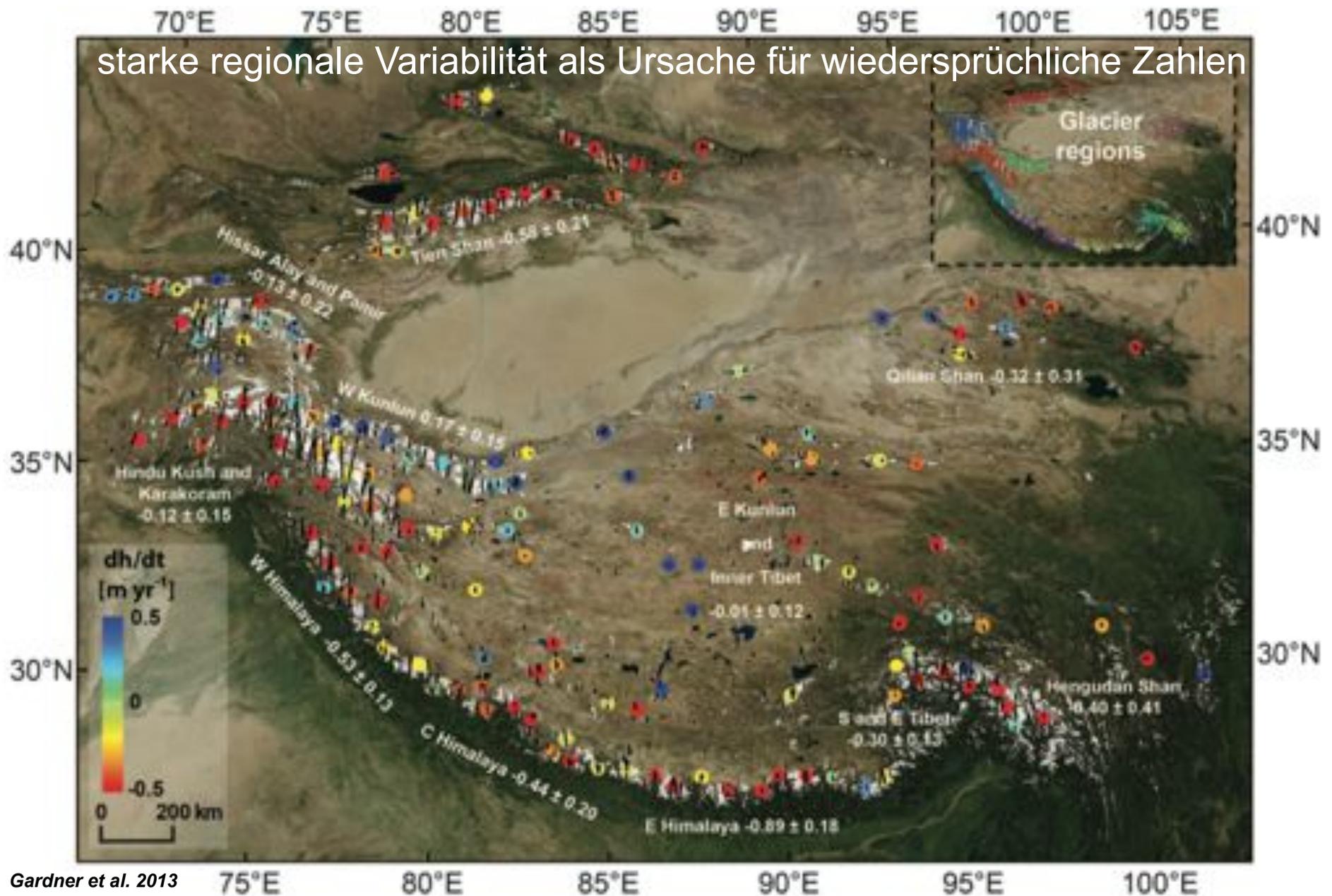
Massenbilanz: Feldmessungen

schwankt von Jahr zu Jahr, weltweit vergleichbar, global stark negativer Trend

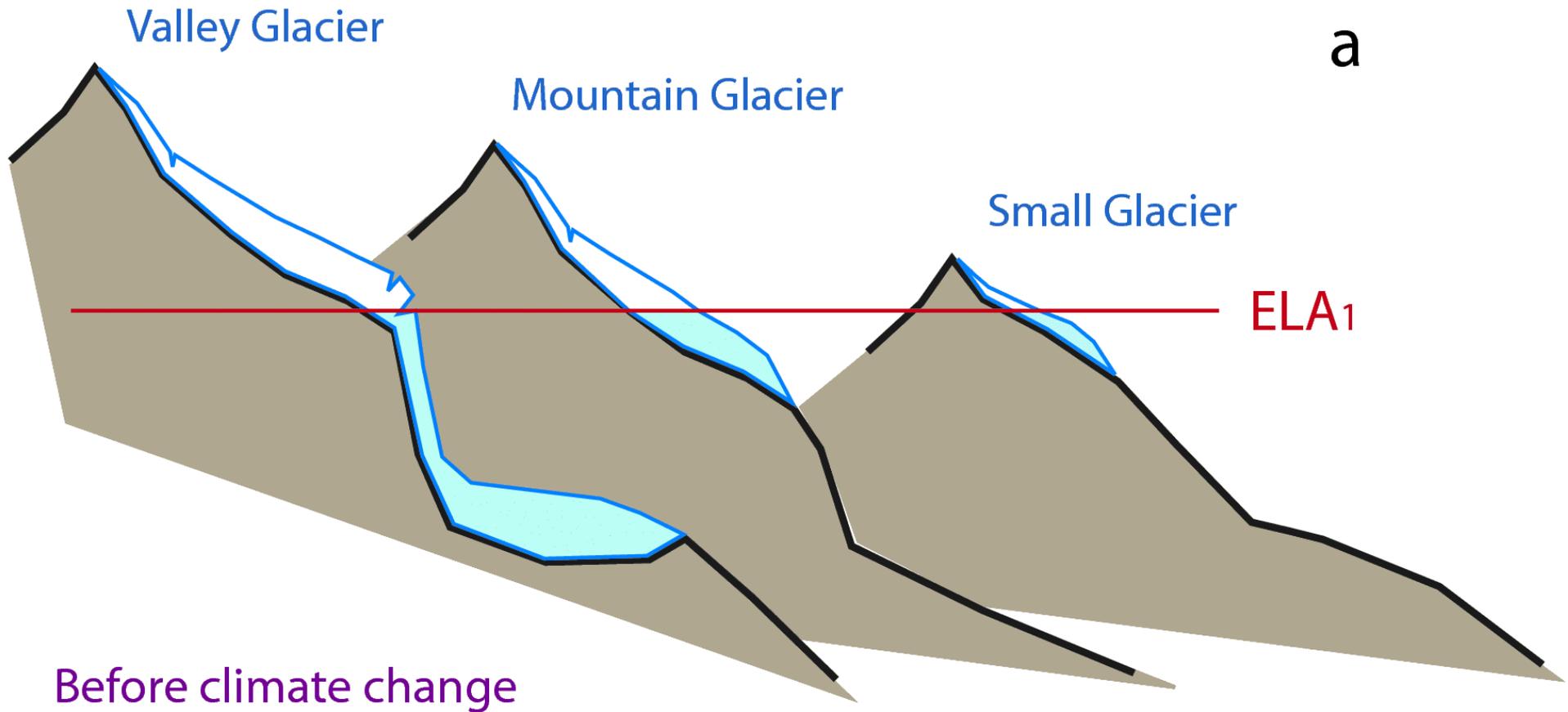


Massenbilanz: Satellitenmessungen

starke regionale Variabilität als Ursache für widersprüchliche Zahlen



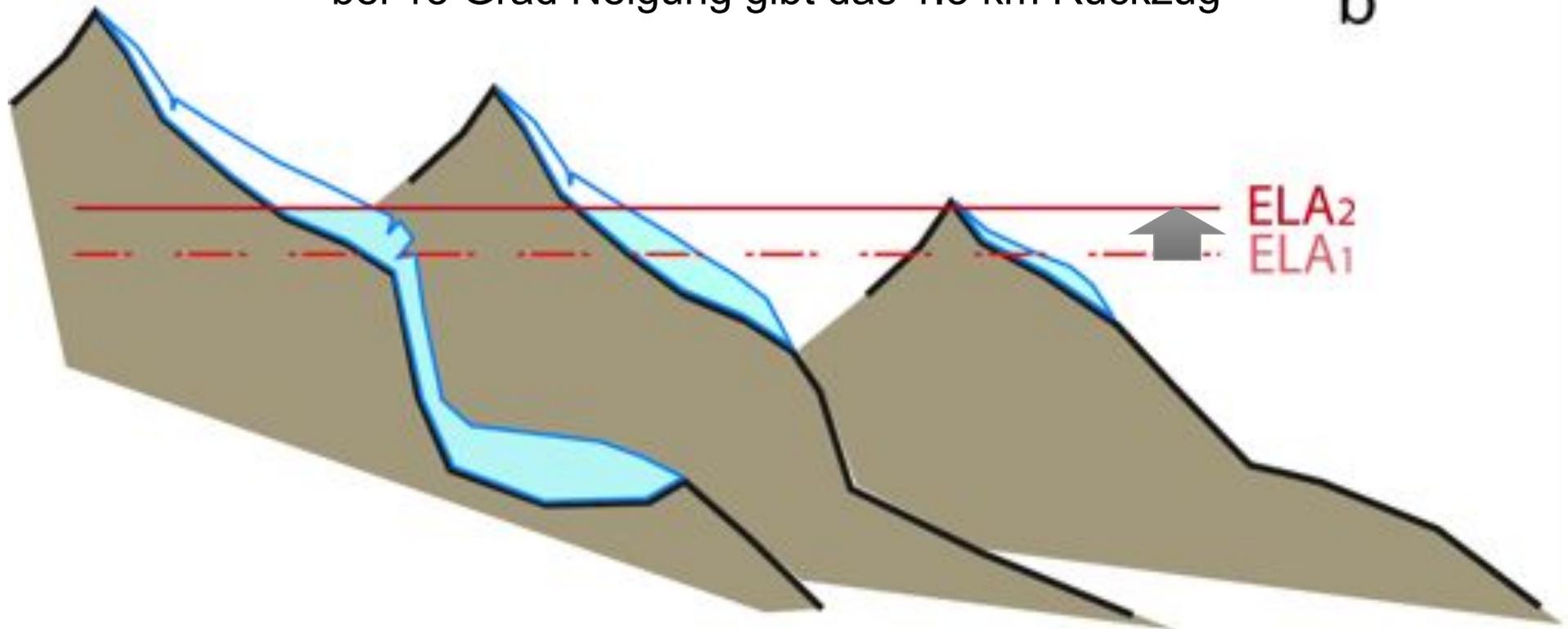
Gletscherreaktion auf Temperaturanstieg



Gletscherreaktion auf Temperaturanstieg

für $T + 1$ steigt die ELA um etwa 150 m an
und das Zungenende steigt etwa 300 m höher
bei 13 Grad Neigung gibt das 1.3 km Rückzug

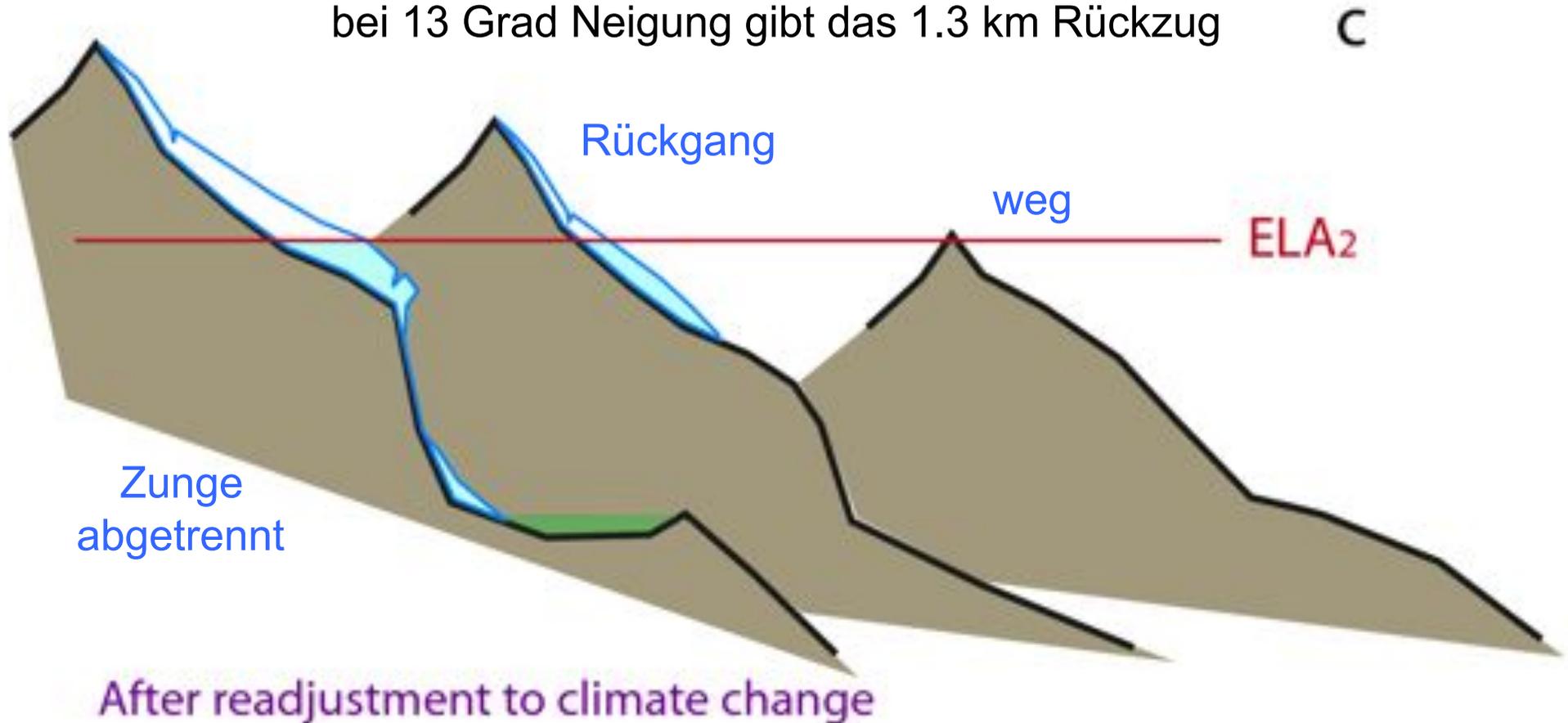
b



After climate change but before glacier readjustment

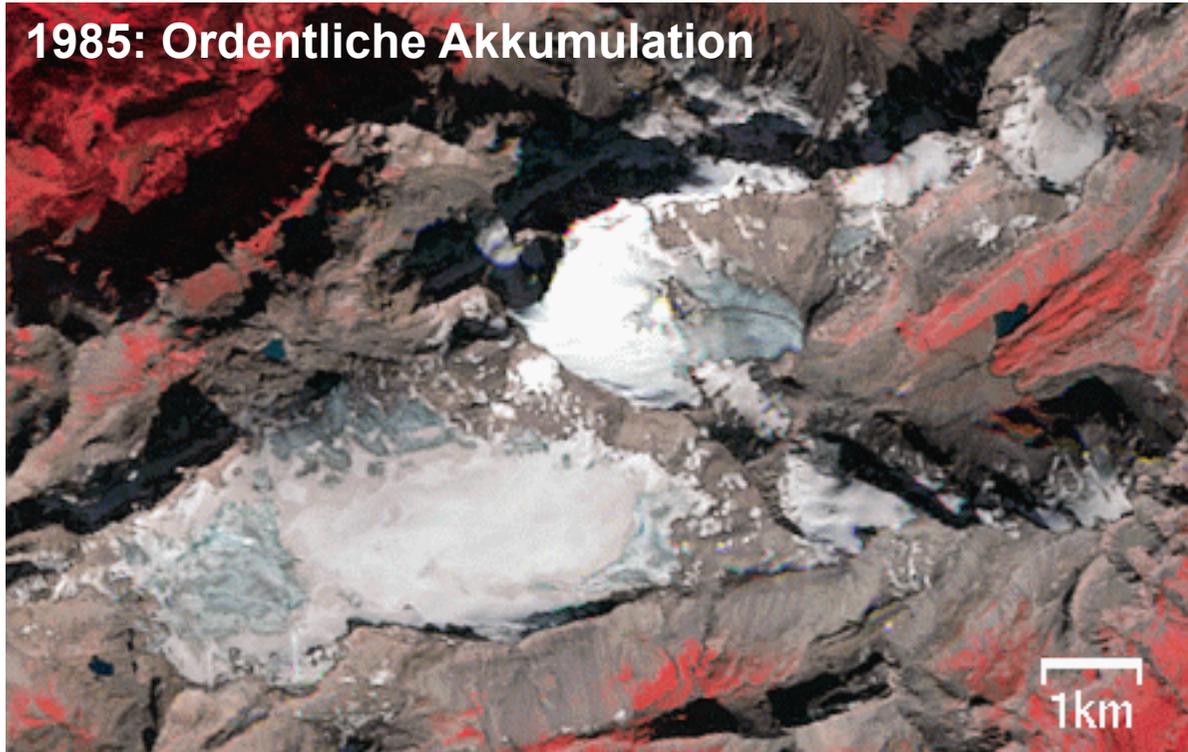
Gletscherreaktion auf Temperaturanstieg

für $T + 1$ steigt die ELA um etwa 150 m an
und das Zungenende steigt etwa 300 m höher
bei 13 Grad Neigung gibt das 1.3 km Rückzug

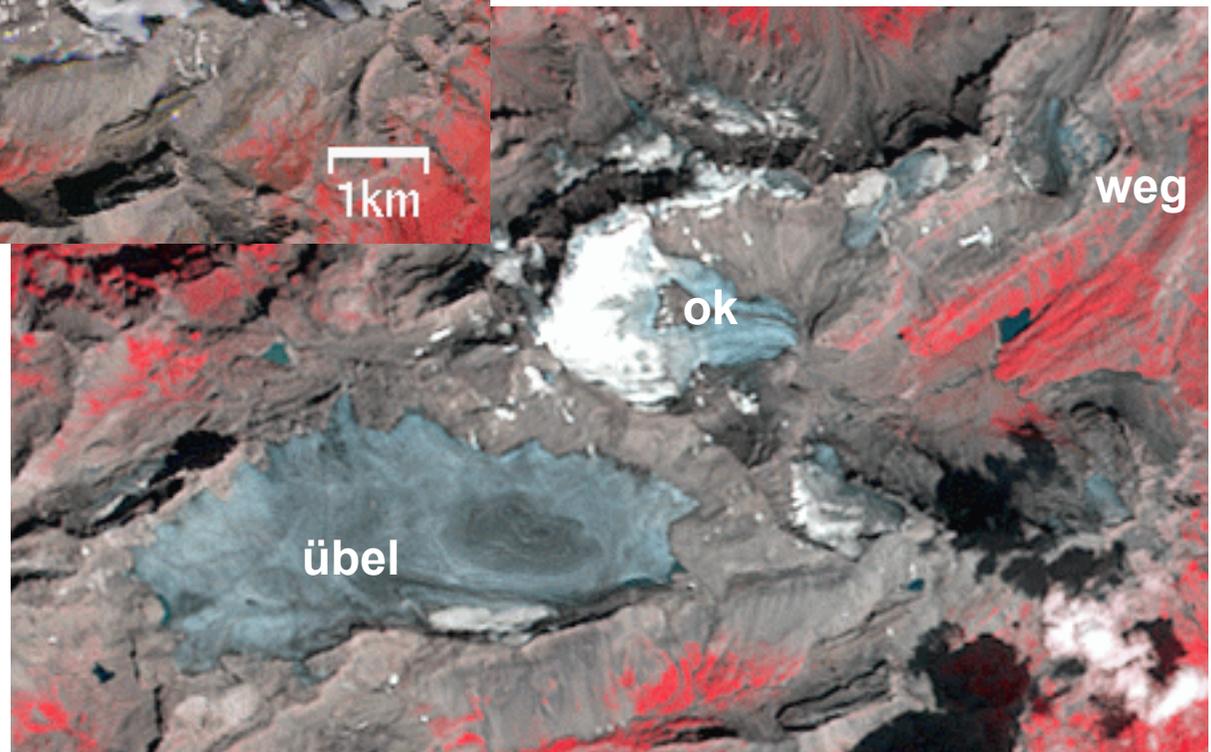


Auswirkungen Wildstrubel / Plaine Morte

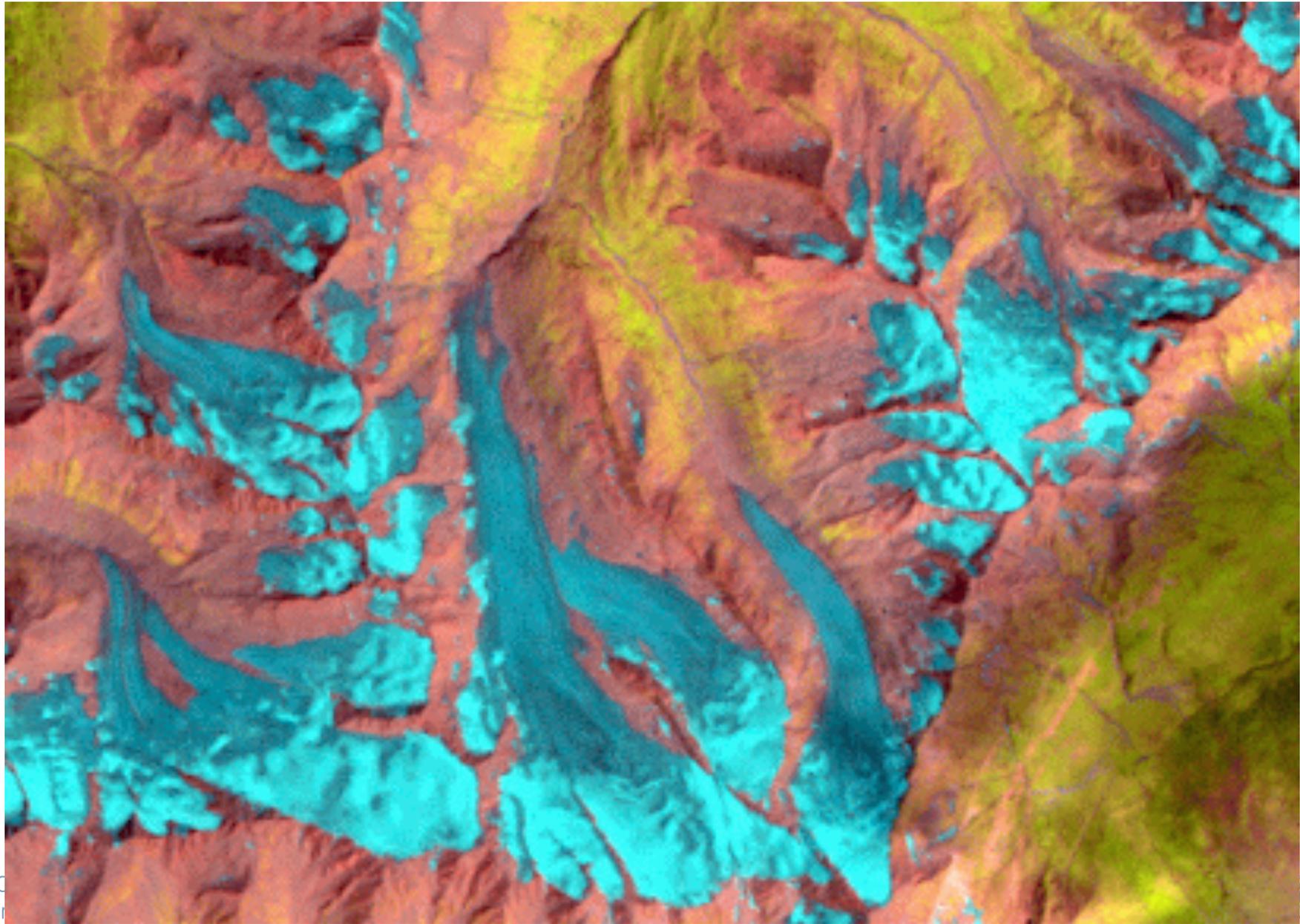
1985: Ordentliche Akkumulation



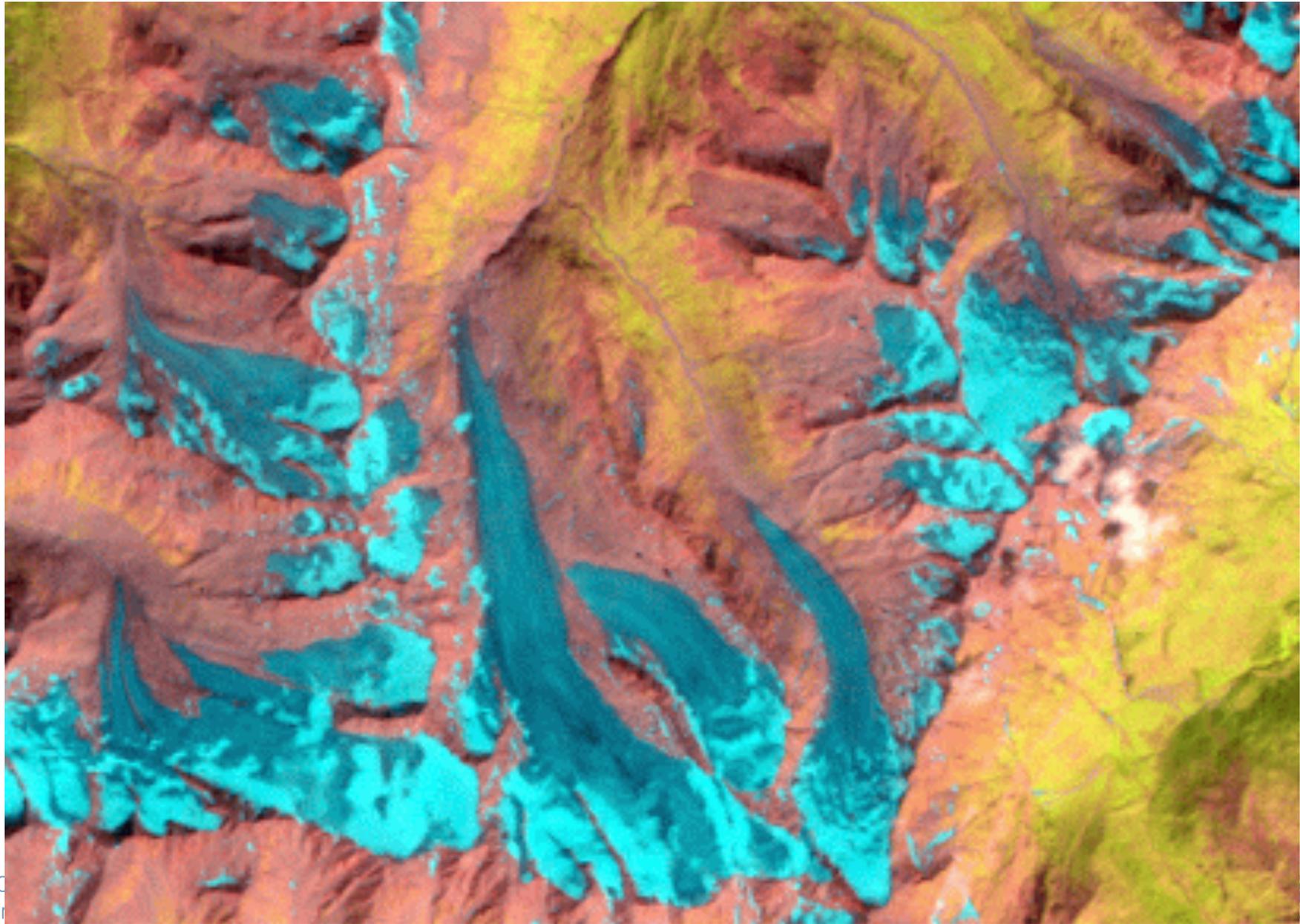
2003: kaum Akkumulation



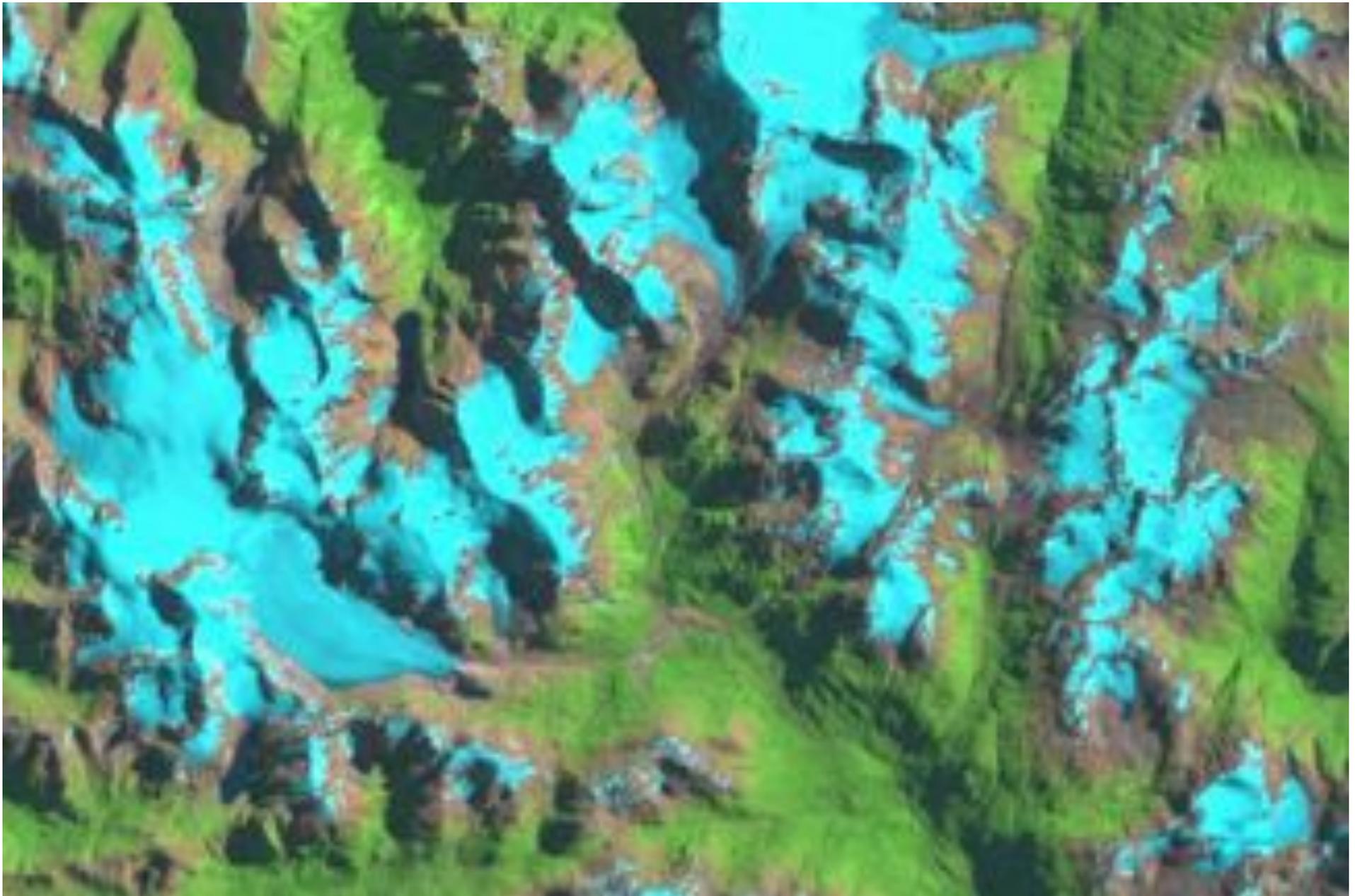
Fortwährender Flächenschwund: 2003



Fortwährender Flächenschwund: 2009



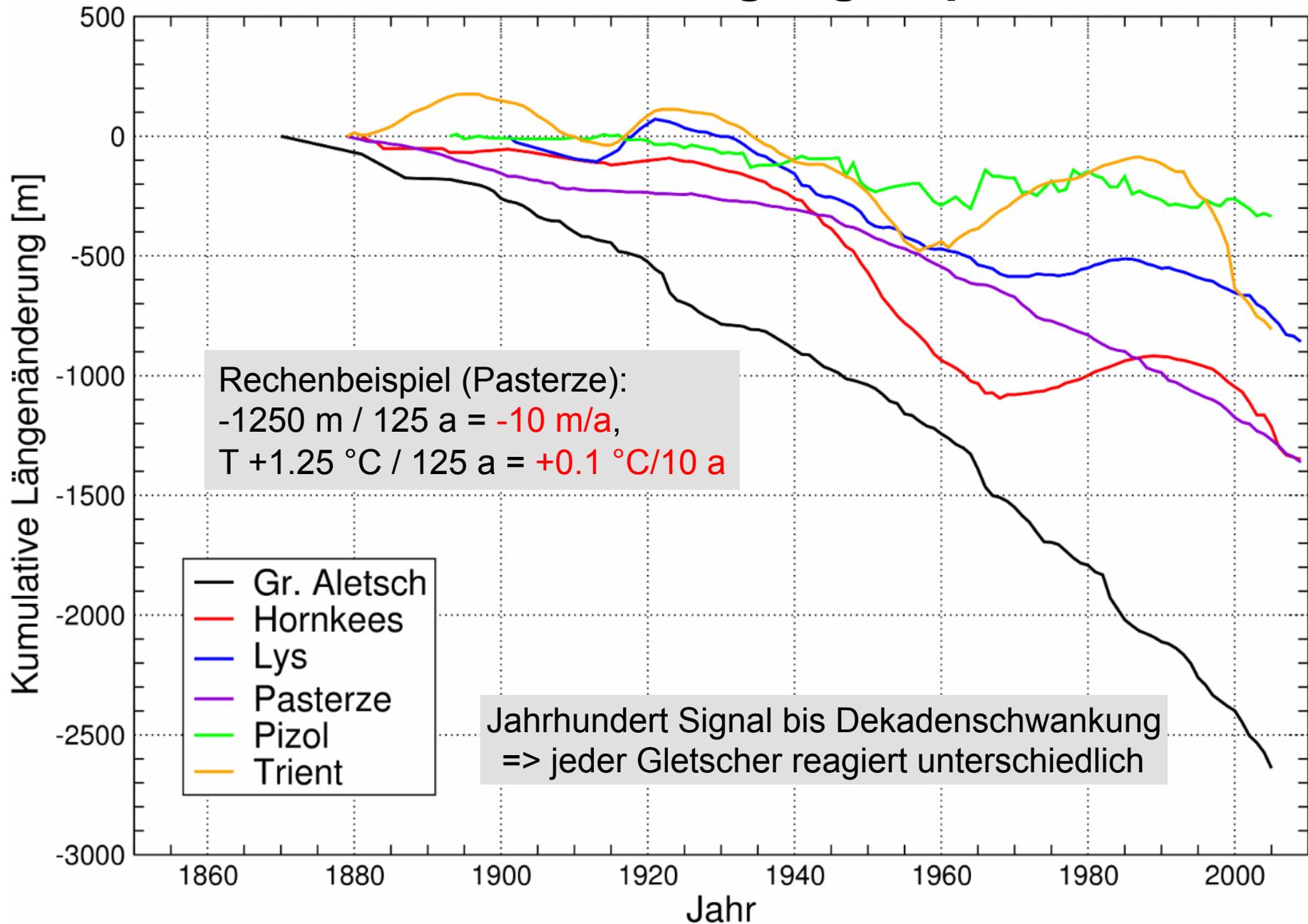
Gletscher verschwinden (Chile): 1985-2000-2011



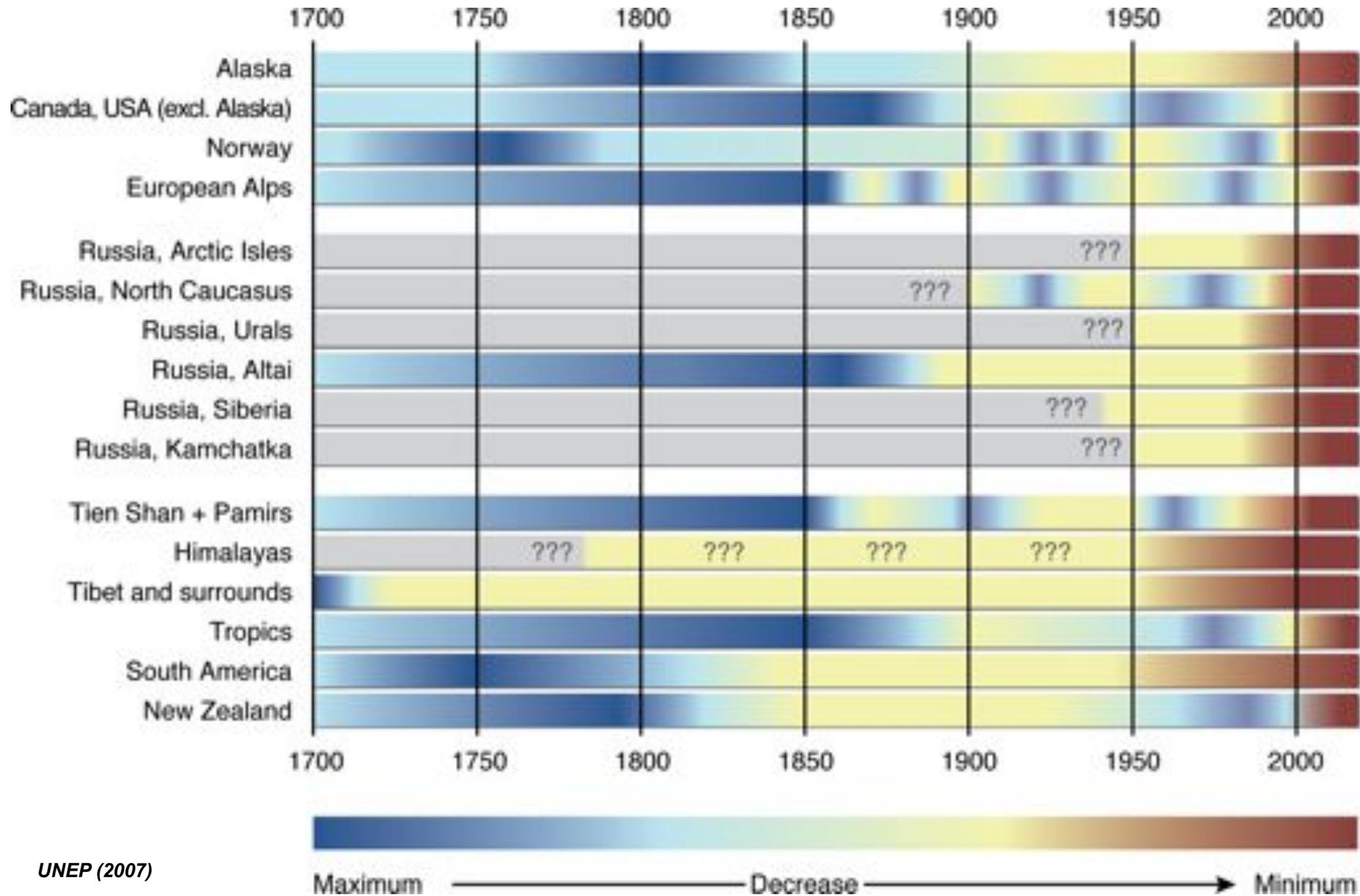
Gletscher Rückgang: Morteratsch



Kumulativer Rückgang: Alpen



Weltweiter Gletscherrückgang



Wichtigste Aussagen

- Zum ersten mal gibt es ein global vollständiges Gletscherinventar im Vektorformat für alle gletscher-spezifischen Berechnungen (konsistent)
- Es gibt etwa 170 000 Gletscher (Fläche: $\sim 730\,000\text{ km}^2$) mit einem Volumen von $\sim 170\,000\text{ km}^3$ (0.4 m SLE)
- Viele neue Informationen wurden aus Satellitendaten gewonnen
- Fast alle Gletscher schrumpfen weiterhin (Abnahme von Länge, Fläche und Volumen), lokale Ausnahmen gibt es (Karakoram, surgende Gl.)
- Die grössten Beiträge zum Meeresspiegelanstieg kommen von Alaska, der Kanadische Arktis, Gletschern auf Grönland, Südamerika und Asien
- Insgesamt $226 \pm 135\text{ Gt/yr}$ ($0.62 \pm 0.37\text{ mm SLE/yr}$) von 1971-2009 und $301 \pm 135\text{ Gt/yr}$ ($0.83 \pm 0.37\text{ mm SLE/yr}$) von 2005-2009 (*very likely*)
- Die Gletscher sind für das jetzige Klima zumeist noch viel zu gross, ihr Schrumpfen wird sich also weiter fortsetzen

Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report

Further Information
www.climatechange2013.org

© Yann Arthus-Bertrand / Altitude