

CLAIRISA

(Climate-Air-Information-System for Upper Austria)

Langfristige Temperaturentwicklung und Gletscher in Oberösterreich

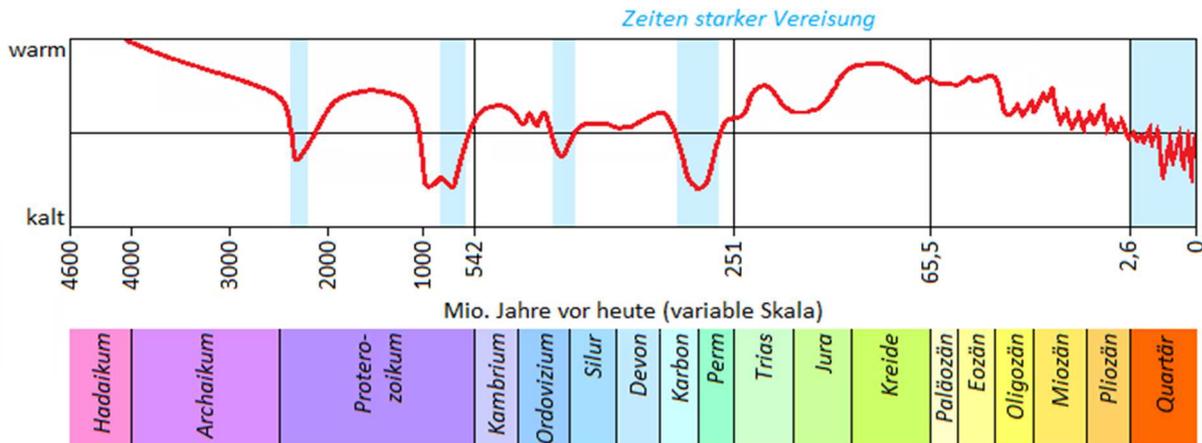
 (Mag. Klaus Reingruber, BLUESKY Wetteranalysen, Attnang-Puchheim, www.blueskywetter.com)

Die langfristige Temperaturentwicklung in Oberösterreich:

In den aktuellen Klimadebatten in welchen vor allem von der Klimaerwärmung die Rede ist werden auch immer wieder weit zurückliegende Zeitabschnitte erwähnt in welchen es wärmer als auch wesentlich kälter war als heute. Für den Menschen erfassbar ist die letzte Kaltzeit die 200-300 Jahre zurück (Anfang 15. bis Anfang 18. Jahrhundert) liegt, die sogenannte „Kleine Eiszeit“. Zwischen 1840 und 1850 war auch der Zeitpunkt des letzten Gletscherhöchststandes dessen Moränen auch heute noch deutlich zu sehen sind.

Das uns bekannte Landschaftsbild wurde in den letzten Jahrtausenden durch Verschiebungen, Auffaltung und Erosion geformt, die Seenlandschaft im Salzkammergut wurde z.B. erst nach Ende der letzten Eiszeit mit dem Rückgang der Gletscher geformt.

Weit zurück liegende Klimareihen, die aus indirekten Messmethoden wie Sedimentbohrkernen, Baumringanalysen, Eisbohrkernen usw. erstellt wurden zeigen für etwas 90% der Erdgeschichte ein deutlich wärmeres Klima (global um etwa 5-10 Grad über dem heutigen Mittel), wahrscheinlich sogar auch ohne jede Eisbedeckung. Nur 10 % der Erdgeschichte wird von Eiszeitaltern geprägt, in dessen letztem Quartär wir uns seit ca. 2,6 Millionen Jahren befinden. (siehe Abbildung 1)


 Abbildung: 1 Klima in Jahrtausenden (Quelle: ZAMG⁴)

In einem Eiszeitalter ist das Klima von wesentlich größerer Variabilität gekennzeichnet, wie der letzte Teil der Temperaturkurve für Mitteleuropa der Abbildung 1 zeigt.



Abbildung 2
(Quelle: ZAMG⁴)
Klima der letzten
Jahrtausende

Während des quartären Eiszeitalters erfolgte ein Wechsel zwischen stärkerer und schwächerer Vereisung mit einer Periode von ungefähr 100.000 Jahren. Ein großer Teil Oberösterreichs war zu diesem Zeitpunkt von Eis bedeckt, vor allem die Talgletscher des Trauntales, des Attersees- und Mondsees sowie der Salzachtalgletscher stießen bis in das Alpenvorland vor (siehe Abbildung 3). Interessant ist, dass die Vereisung in der Phyrn Eisenwurzen weniger mächtig war als z.B. im Salzkammergut.

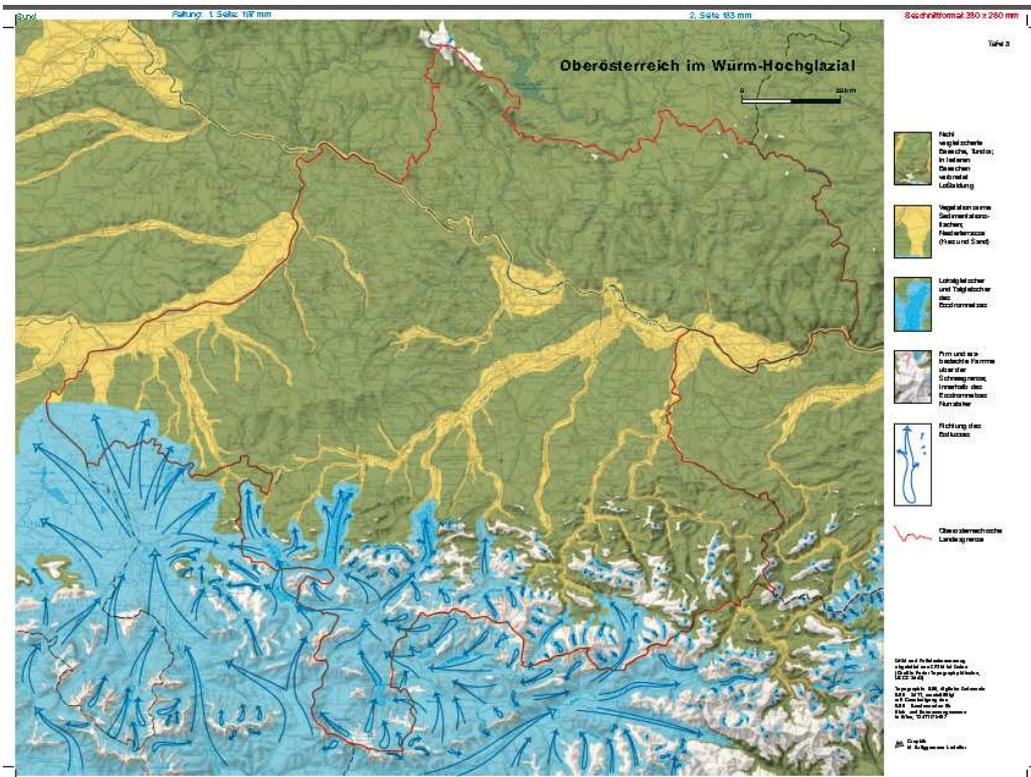


Abbildung 3
OÖ am
Höhepunkt der
letzten Eiszeit
(etwas 18000
Jahre vor heute)
Abbildung BEV⁵

Geologische und Paläontologische Auswertungen deuten auch auf eine längere Vereisung der höheren Regionen des Böhmerwaldes rund um den Plöckenstein hin (siehe Abbildung 3) Vor ca. 20.000 Jahren setzte dann eine erste leichte Erwärmung ein (siehe Abbildung 2). Diese Warmphase wurde dann immer wieder von kurzen Kälteperioden wie z.B. der Älteren und Jüngeren Dryas unterbrochen. (ca. 12-15.000 Jahre vor heute) Wir befinden uns seither aber weiterhin in einer seit etwa 10000 Jahren andauernden, relativ stabilen Klimaphase, einer Zwischeneiszeit. Die globalen Temperaturschwankungen betragen in dieser Phase nur ca. ± 1 Grad um den heutigen Mittelwert und haben damit diejenige Schwankungsbreite über die wir bereits durch instrumentelle Meßmethoden informiert sind nur wenig übertroffen. In historischer Zeit ist dabei die warme Klimaphase des Hochmittelalters zu erwähnen (siehe Abbildung 4) mit leicht höheren Temperaturen und wahrscheinlich geringerer Gletscherausdehnung als derzeit.

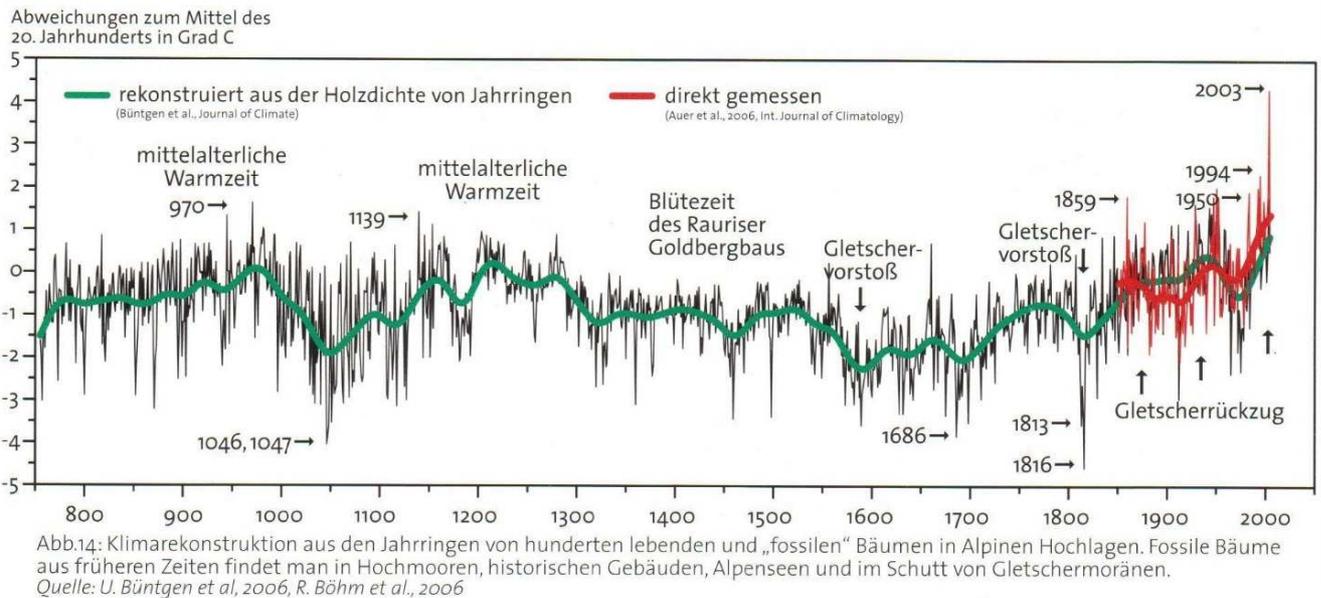


Abbildung 4 (Quelle: ZAMG⁴) Klima der letzten 1000 Jahre

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts erfolgte ein markanter Temperaturrückgang um 1-2 Grad zur kälteren Phase der sogenannten „Kleinen Eiszeit“, welche starke Gletschervorstöße brachte und bis gegen Mitte des 19. Jahrhunderts andauerte.

Über die Phase der ausgehenden „Kleinen Eiszeit“ und den Wechsel zum wärmeren Klima des ausgehenden 20. Jahrhundert bzw. den sehr warmen Jahren der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts sind wir bereits durch direkte Messungen informiert. Das Land Oberösterreich besitzt vor allem in der genau untersuchten Klimareihe des Stifts Kremsmünster eine der weltweit längsten, ununterbrochenen klimatologischen Messreihen.

Gletscher in Oberösterreich:

Das Dachsteingebirge am Südrand Oberösterreichs ist die einzige Gletscherfläche Oberösterreichs, gleichzeitig ist sie auch die östlichste Gletscherfläche Österreichs und der Alpen. Im Grenzgebiet zur Steiermark und Salzburg gelegen liegt der weitaus größte Teil der vergletscherten Flächen in Oberösterreich. Die Lage am Alpennordrand bringt durch Stauniederschläge hohe Niederschlagssummen welche im Mittel Jahressummen zwischen 2500 und 3000 mm erreichen (siehe Abbildung 5). Dadurch sind die Gletscher im Vergleich zu den Gletschern des Alpenhauptkamms niedriger gelegen. Die Dachsteingletscher sind Langzeitspeicher für diese Niederschläge, die von Schnee in Eis umgewandelt werden und erst Jahre oder Jahrzehnte später die Flüsse und Seen des Salzkammergutes speisen.

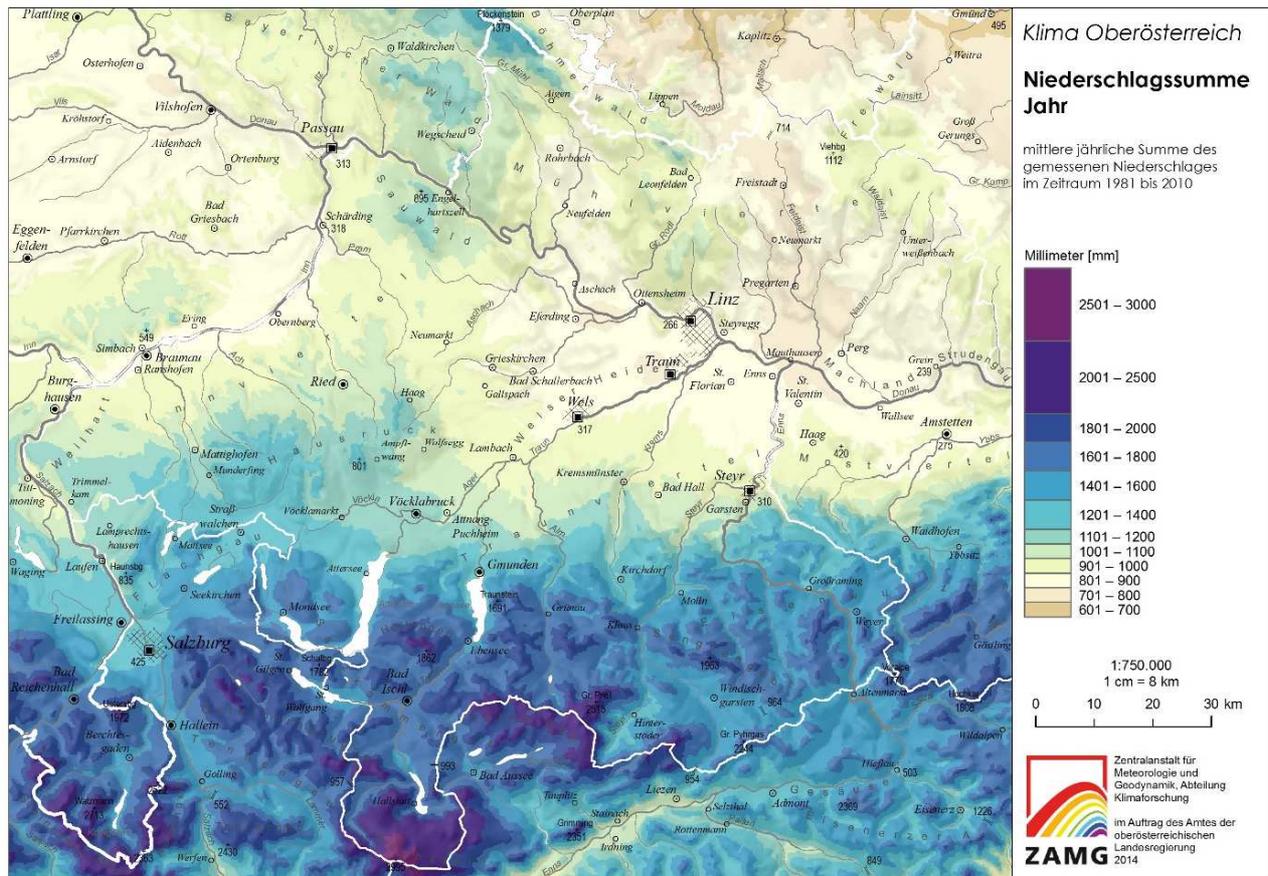
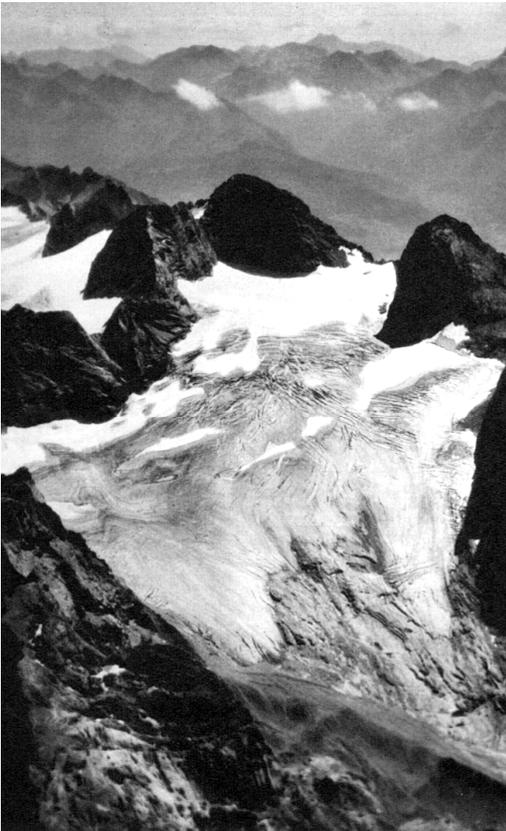


Abbildung 5 (Quelle: ZAMG⁶)

Die Dachsteingletscher haben sich seit der letzten Eiszeit bis weit auf das Hochplateau zurückgezogen. Dies war kein kontinuierlicher Rückzug, immer wieder kam es auch in kälteren Phasen zu Vorstößen. Interessant ist auch die Frage ob der Dachstein in einer früheren Wärmeperiode überhaupt schon eisfrei war. Die nach dem Fund von Zirbenstämmen im Vorfeld der Pasterze durchgeführten Auswertungen (**Slupetzky H. Holzfundes aus dem Vorfeld der Pasterze. Erste Ergebnisse der C 14 Datierung Zeitung f. Gletscherkunde Bd. 26 Innsbruck 1990 S. 179-187**) kamen zum Ergebnis, dass im frühen Postglazial (vor ca. 9500 Jahren) die klimatischen Verhältnisse so günstig waren dass Zirbenbäume im Bereich der Pasterze gedeihen konnten. Legt man diese Gletschergrenze auf den Dachstein um, dann war das Gebiet mit großer Wahrscheinlichkeit schon einmal eisfrei.

Die ersten wissenschaftlichen Messungen wurden dann von F. Simony im Jahre 1840 gestartet. Simony fertigte erste Zeichnungen und Skizzen vom damaligen Karlseisfeld (heute Hallstätter Gletscher) an. Im Laufe der Jahre folgten unzählige Publikationen, Bilder und auch schon Fotos. Der starke Rückgang in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde umfangreich wie kaum auf einem anderen Gletscher in Österreich dokumentiert. 1899 folgte die erste detaillierte Karte des Hallstätter Gletschers, welche in weiterer Folge immer wieder durch genauere Karten mit neuen Aufnahmeverfahren ersetzt wurden. Die von Simony begonnenen Längenmessungen wurden zuerst in unregelmäßigen Abständen fortgeführt, seit dem Ende des 2. Weltkrieges liegen kontinuierliche vielfach auch jährliche Messreihen vor.

In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde im Auftrag der OKA (heute Energie AG) von Prof. Roman Moser umfangreiche Vermessungen der westlichen Dachsteingletscher (Gosaugletscher) durchgeführt. In den Jahren 1951, 1952 und 1957 wurde mithilfe von Profillinien der Massenverlust für verschiedene Gletscherteile berechnet. Aus dieser Zeit (1948) stammen auch die ersten Flugaufnahmen der Dachsteingletscher welche von der US Airforce durchgeführt wurden (siehe Abbildung 6 unten).



Im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade hat im Sommer 1967 Dr. G. Gangl von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik am Hallstätter Gletscher Eisdickenmessungen mittels Sprengseismik durchgeführt. Die damals größte gemessene Eisdicke betrug 87 Meter.

Im Jahr 2006 wurde von der der Energie AG und der Umweltabteilung des Land OÖ die Erstellung einer Massenbilanz in Auftrag geben. In einem Kooperationsprojekt „Hallstätter Gletscher Massenhaushalt und Klima“ der Universität Innsbruck, IGF und Blue Sky Wetteranalysen aus Attnang Puchheim wird seither der Hallstätter Gletscher eingehend untersucht.

Am direktesten kann die Auswirkung der herrschenden Witterung auf den Gletscher bei einer Massenbilanzmessung untersucht werden (Hoinkes 1970). Diese Art der Messung, bei der die Abschmelzung und der Massenauftrag (Schneefall) an verschiedenen Stellen des Gletschers direkt gemessen werden ist erst seit etwa 50 Jahren üblich.

Abbildung 6: Gosaugletscher 1951
(Luftaufnahme USFA)

Gletscher sind in Zeiten des Klimawandels starken Veränderungen unterworfen da Gletscher direkt auf die Änderung reagieren. Ändert sich das Klima ändert sich auch die Größe des Gletschers, bis er sich einem neuen Gleichgewichtszustand, der dem neue Klima entspricht, angepasst hat. Gerade in den letzten Jahrzehnten insbesondere in den 90iger Jahren des letzten Jahrhunderts und den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts haben die Gletscher stark an Masse verloren, diese Veränderung ist einerseits gut durch Fotos und Längenmessungen bzw. auch durch Massenbilanzen dokumentiert.

Die letzte Bestandsaufnahme erfolgte im Jahr 2014 mit der Vermessung der Gletschergrenzen mittels GPS. In Abbildung 7 ist der aktuelle Stand der Dachsteingletscher dargestellt, die rote Linie markiert die Gletscherränder im September 2014. Weiters sind die Gletschergrenzen aus unterschiedlichen Jahren (1850, 1899, 1915, 1938, 1958, 1969, 2002, 2007, 2009, 2012, 2014) dargestellt. 1850 entspricht der Ausdehnung der Gletscher zum Ende der Kleinen Eiszeit.

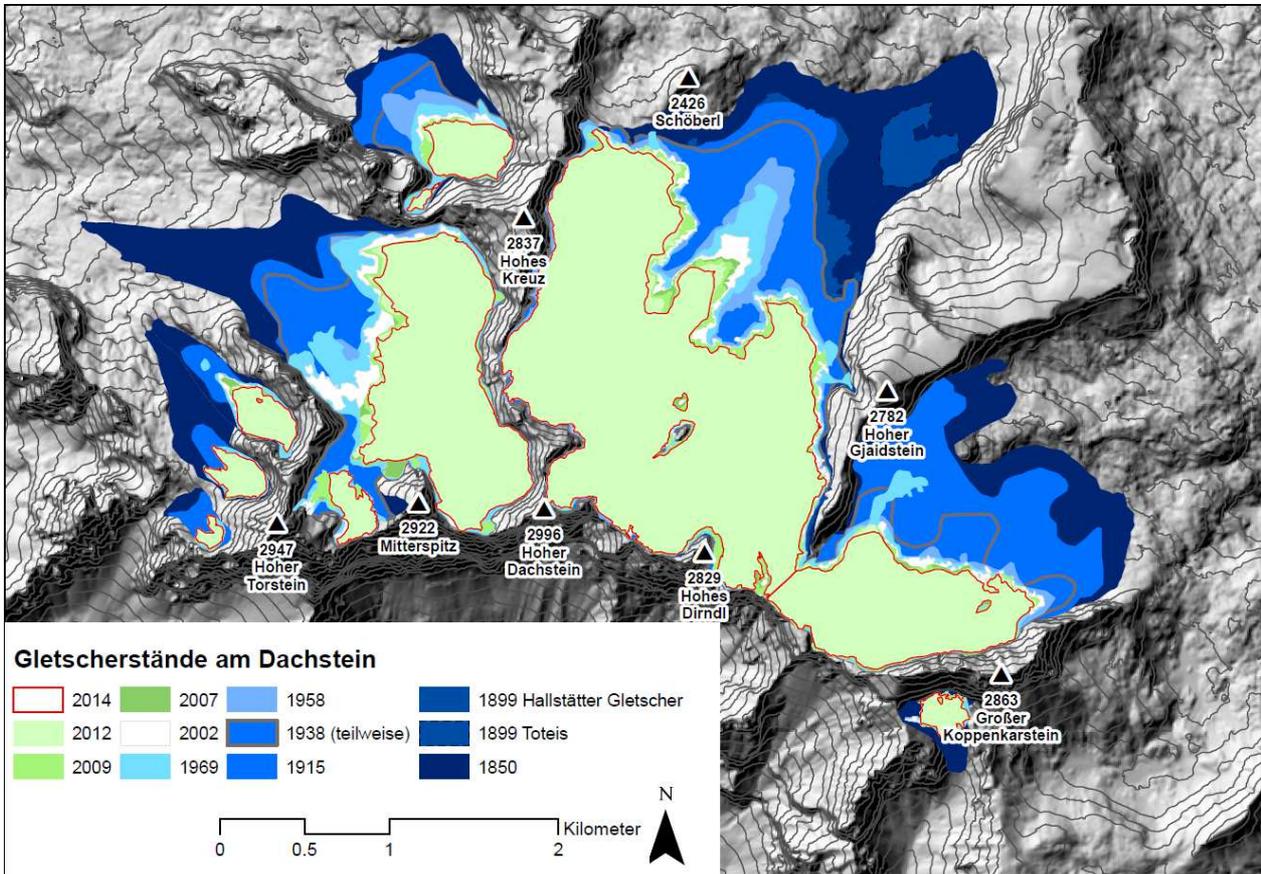


Abbildung 7: Die Gletscherstände zu verschiedenen Zeitpunkten zwischen 1850 und dem aktuellen Stand vom September 2014 Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹

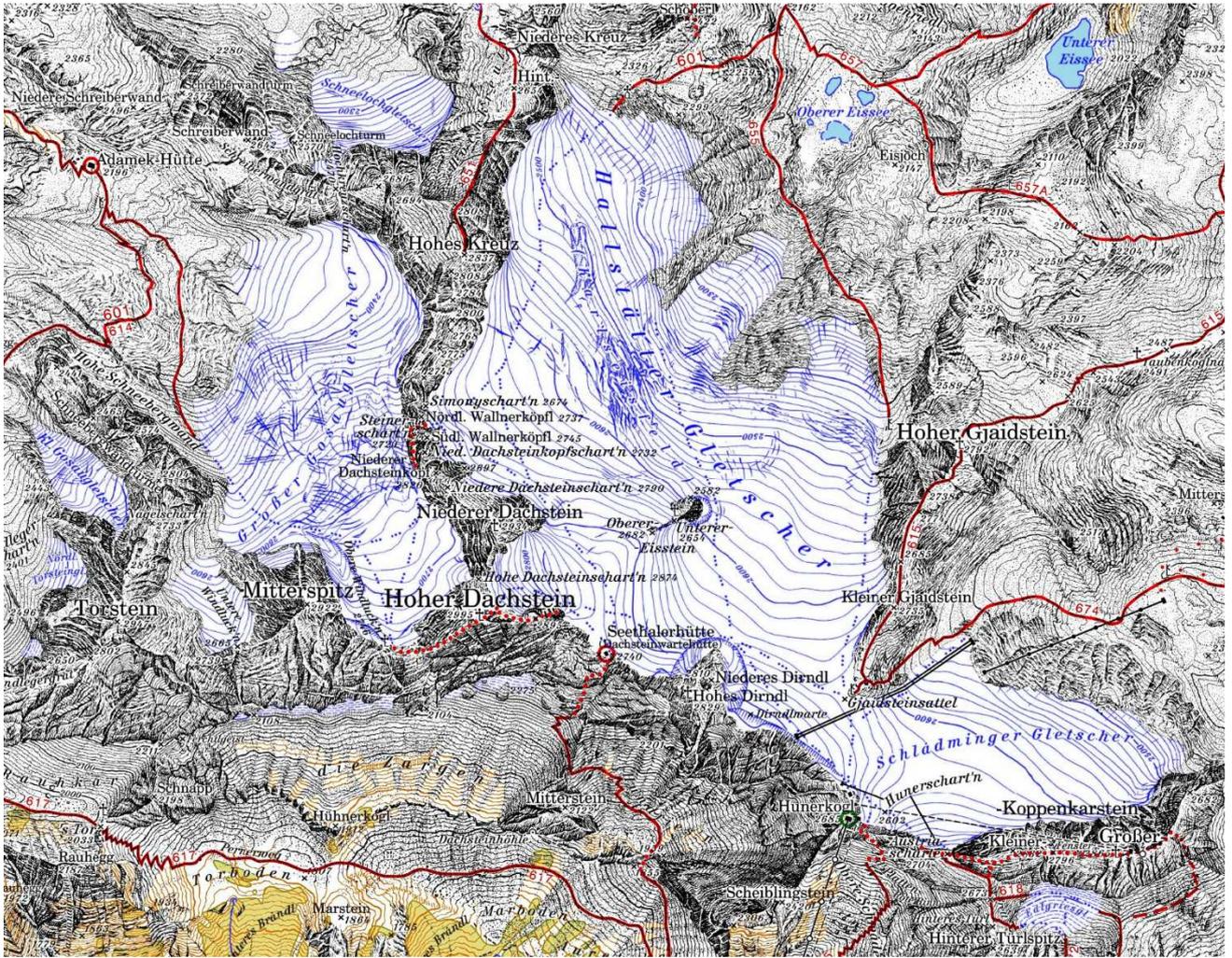


Abbildung 8: Ausschnitt der Alpenvereinskarte mit Gletschernamen (Quelle AV)

Längenmessung:

Diese Messungen werden seit den 1950iger Jahren auf dem Hallstätter- Gr. Gosau- Schladminger- und Schneelochgletscher mit einigen wenigen Ausnahmen jährlich durchgeführt. Diese Kampagne wurde vom Österreichischen Alpenverein initiiert und wird seitdem permanent durchgeführt. Die Messdaten werden in der AV Zentrale in Innsbruck für ca. 90 Gletscher in Österreich gesammelt. Im Frühjahr wird jährlich ein Bericht über die Längenmessungen an den Gletschern veröffentlicht. Link zum Gletscherarchiv des Österr. Alpenvereins: <http://www.alpenverein.at/portal/museum-kultur/gletschermessdienst/archiv-gletscherberichte/archiv-gletscherberichte.php>

Die Längenmessung wird mit einer Reihe von Messmarken durchgeführt, von diesen Fixpunkten aus wird die Horizontalabstand zum Gletscherrand gemessen. Die Differenz zum Vorjahreswert ergibt die Längenänderung für die diesen Punkt, für jeden Gletscher wird ein Mittelwert/Jahr berechnet.

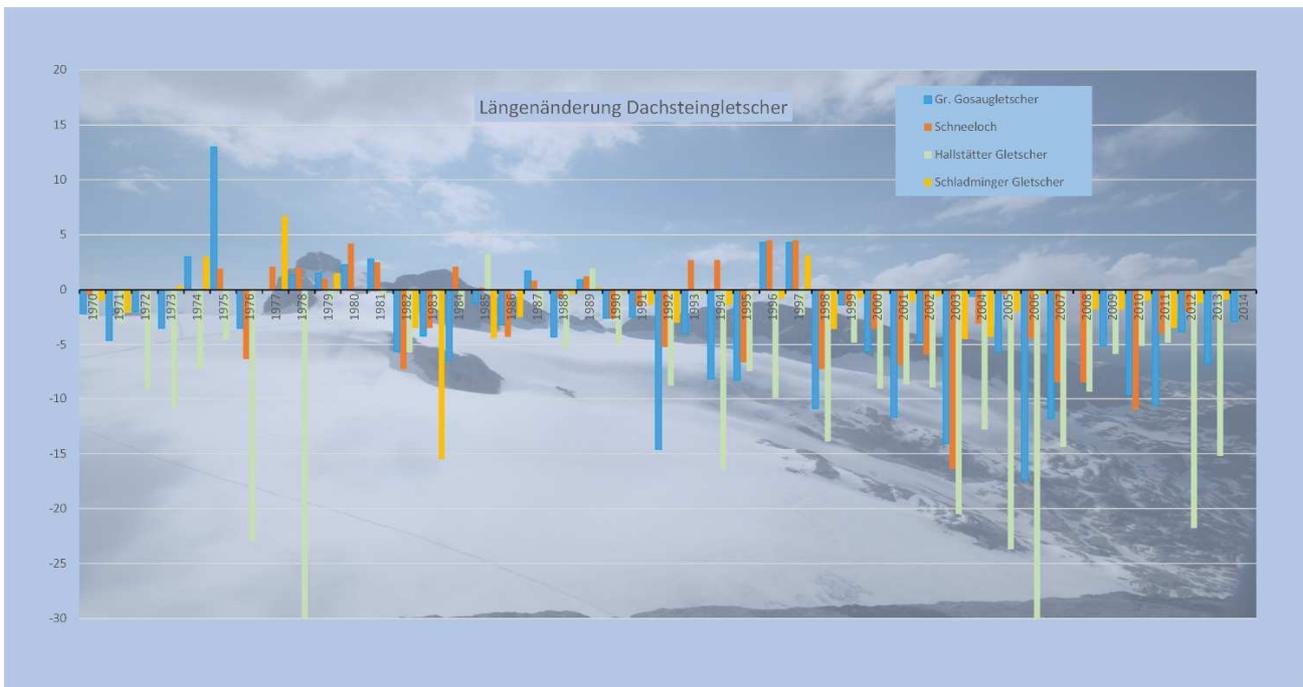


Abbildung 9: Messwerte der Längenänderung von 1970 bis 2014 (Daten bereitgestellt vom Österreichischen Alpenverein und BlueSky)

Die Längenänderungen verlaufen bei den Dachsteingletschern relativ ähnlich. In den ersten zehn Jahren des 21. Jahrhunderts gab es durchwegs große Rückgangsraten wobei die großen Gletscher (Hallstätter, Gosau) große Schwankungsbreiten haben.

Flächenänderung:

Flächenwerte der Dachsteingletscher in km ²												
	1850	1899	1915	1938	1958	1969	1991	2002	2007	2009	2012	2014
Edelgriess Gletscher	0,12	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
Grosser Gosau Gletscher	2,46	2,01	1,94	1,85	1,53	1,53	1,46	1,32	1,21	1,20	1,13	1,10
Hallstätter Gletscher	5,27	4,34	4,21	4,12	3,52	3,35	3,30	3,15	3,04	3,02	2,89	2,83
Kleiner Gosau Gletscher	0,23	0,18	0,17	0,16	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
Nördlicher Torstein Gletscher	0,26	0,12	0,11	0,10	0,07	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
Südlicher Torstein Gletscher	0,08	0,06	0,06	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Schladminger Gletscher	2,22	1,84	1,78	1,03	0,88	0,86	0,87	0,79	0,76	0,75	0,73	0,72
Schneeloch Gletscher	0,59	0,47	0,45	0,43	0,30	0,24	0,24	0,19	0,17	0,17	0,16	0,15
	11,23	9,08	8,78	7,75	6,49	6,28	6,14	5,69	5,43	5,37	5,13	5,02

Tabelle 1

Flächenwerte der Dachsteingletscher in Verhältnis zu 1850 in %												
	1850	1899	1915	1938	1958	1969	1991	2002	2007	2009	2012	2014
Edelgriess Gletscher	100,0		48,3		48,3	48,3	45,7	48,4	47,2	47,2	42,3	42,3
Grosser Gosau Gletscher	100,0		79,0	75,3	62,4	62,4	59,5	53,6	49,3	48,6	46,0	44,7
Hallstätter Gletscher	100,0	82,4	80,0	78,2	66,8	63,7	62,6	59,8	57,7	57,2	54,9	53,8
Kleiner Gosau Gletscher	100,0		73,6		49,2	52,2	52,7	44,4	42,0	39,5	38,3	38,0
Nördlicher Torstein Gletscher	100,0		39,8		27,8	35,0	26,5	25,4	25,0	24,6	24,0	24,0
Südlicher Torstein Gletscher	100,0		76,9		23,4	23,4	23,4	25,0	25,0	23,3	22,2	22,2
Schladminger Gletscher	100,0		80,4	46,2	39,4	38,9	39,3	35,7	34,4	33,9	33,0	32,2
Schneeloch Gletscher	100,0		76,9		50,7	40,5	40,5	31,7	29,3	29,1	26,6	25,5
			78%		58%	56%	54%	51%	48%	48%	46%	44%

Tabelle 2

In den Tabellen 1 und 2 sind die Flächenwerte bzw. deren Änderung seit dem letzten Gletscherhöchststand um 1850 dargestellt, die entsprechende Flächendarstellung findet man in der Graphik 7 auf Seite 6.

Die Gesamtfläche aller Dachsteingletscher hat sich seit 1850 von 11,23 km² bis zum Jahr 2014 auf 5,02 km² reduziert, dieser Wert entspricht nur mehr 44% der Fläche von 1850. Der flächenmäßig größte Gletscher ist der Hallstätter Gletscher mit 2,83 km², der Große Gosaugletscher erreicht noch eine Größe von 1,1 km². Die drei kleineren Gletscher Edelgries sowie südlicher und nördlicher Torsteingletscher haben zusammen noch 0,13 km². Diese präsentieren sich zumeist nur mehr als große Firnfelder mit keinen oder marginalen Nährgebieten ohne Eiskörper welche nur aus Toteis bestehen.

Bei der Betrachtung der Anteile der einzelnen Gletscher an der Gesamtfläche fällt auf, dass die großen Gletscher trotz fortschreitender Abschmelzung prozentual dazu gewinnen. So hat der Hallstätter Gletscher im Laufe der Jahrzehnte seinen Anteil von ca. 46-47% zu Beginn des letzten Jahrhunderts um 10 % auf derzeit 56% gesteigert, der Gr. Gosaugletscher liegt in den letzten Jahrzehnten konstant bei einem Anteil von 22%. Die kleinen Gletscherflächen verlieren in Zeiten des Klimawandels also vergleichsweise mehr als die großen Eiskörper. (siehe Abbildung 12).

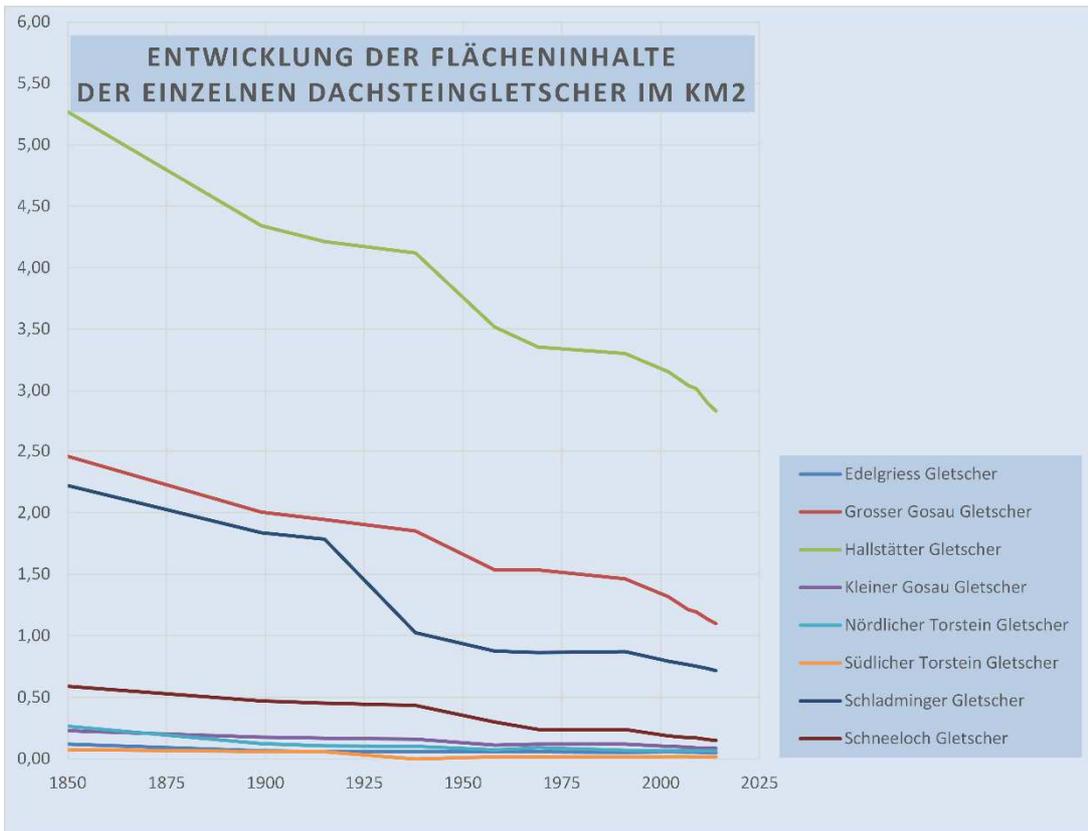


Abbildung 10: Flächenänderung Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹

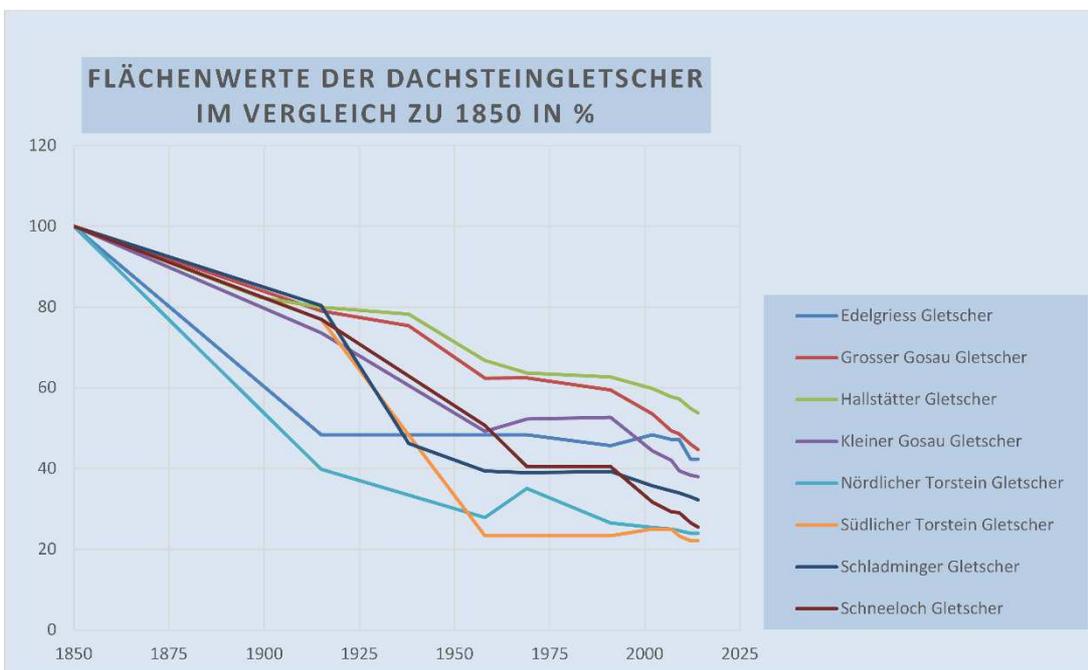


Abbildung 11: Flächenwerte der Dachsteingletscher im Vergleich zum Höchststand 1850 (100%)
Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹

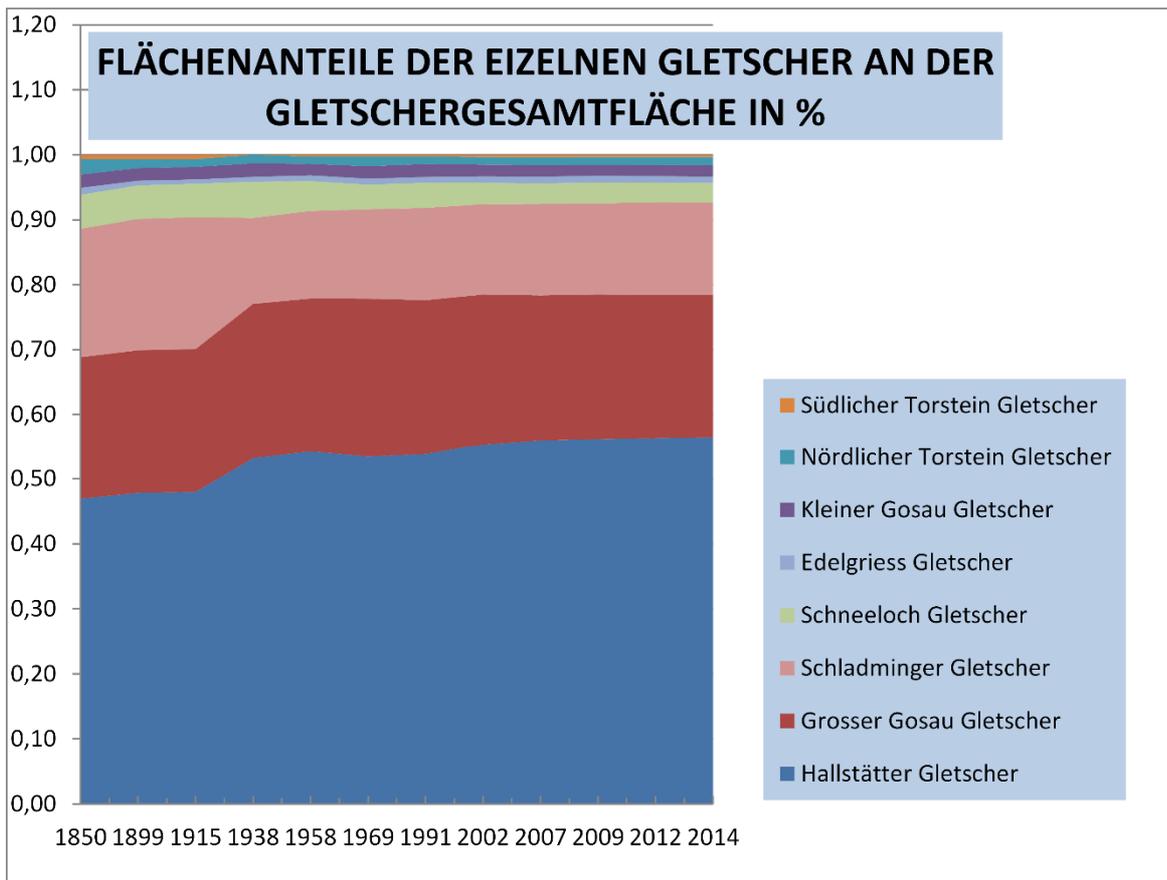


Abbildung 12: Änderung der Anteile der einzelnen Gletscher an der Gesamtfläche in Prozent
 Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹

Volumensänderung:



Abbildung 13: Volumensänderung Hallstätter Gletscher Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹

Mit der Änderung der Fläche und der Eisdicke ändert sich auch das Volumen des Eiskörpers. So wie auch die Längenänderung ist die Volumenänderung eine Konsequenz des aktuellen Klimas, bzw. für das Klima der letzten Jahre. Die ersten Berechnungen wurden 1850 durchgeführt, damals wurde für den Hallstätter Gletscher ein Wert von 400 Mill m³ erfasst. Seither hat der Hallstätter Gletscher einen großen Teil seines Volumens verloren, der aktuelle Wert (2012) mit 135 Mill m³ entspricht nur mehr 34% des Wertes vom letzten Gletscherhöchststand von 1840 (siehe Abbildung 13).

Gletscher in Zeiten des Klimawandels:

Die für den Klimawandel und die Variabilität der Gletscherflächen entscheidenden meteorologischen Größen können als Messgrößen von Wetterstationen der Umgebung dargestellt werden. Seit 2007 werden Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit sowie die Niederschlagsmenge unweit der Gletscherzunge des Hallstätter Gletscher gemessen, der Messzeitraum ist aber noch zu kurz um Aussagen über das Klima der Region treffen zu können.

Mit langjährige Messreihen von Wetterstationen in der Nähe des Dachsteingebirges können hingegen schon treffendere Aussagen gemacht werden. Für die Station Bad Ischl liegt eine ausreichend lange homogenisierte Messreihe für die Temperatur (1855-2014) und den Niederschlag (1858-2014) vor (ZAMG HISTALP Portal www.zamg.ac.at/histalp)

Zusätzlich zu den homogenisierten Klimadaten gibt es bei HISTALP einen Datensatz welcher für verschiedene Gitterpunkte die Anomalien der gegenüber dem Mittel 1900 bis 2001 darstellt. Dr. Kay Helfricht (Universität Innsbruck Diplomarbeit 2009) hat basierend auf diese Daten der Bergstation Feuerkogel einen Temperaturdatensatz für den Standort Simonyhütte rekonstruiert (Abbildung 14). Mit den Niederschlagswerten der Messstationen von Bad Ischl und der Simonyhütte hat Helfricht auch eine langjährige Niederschlagsreihe rekonstruieren können.

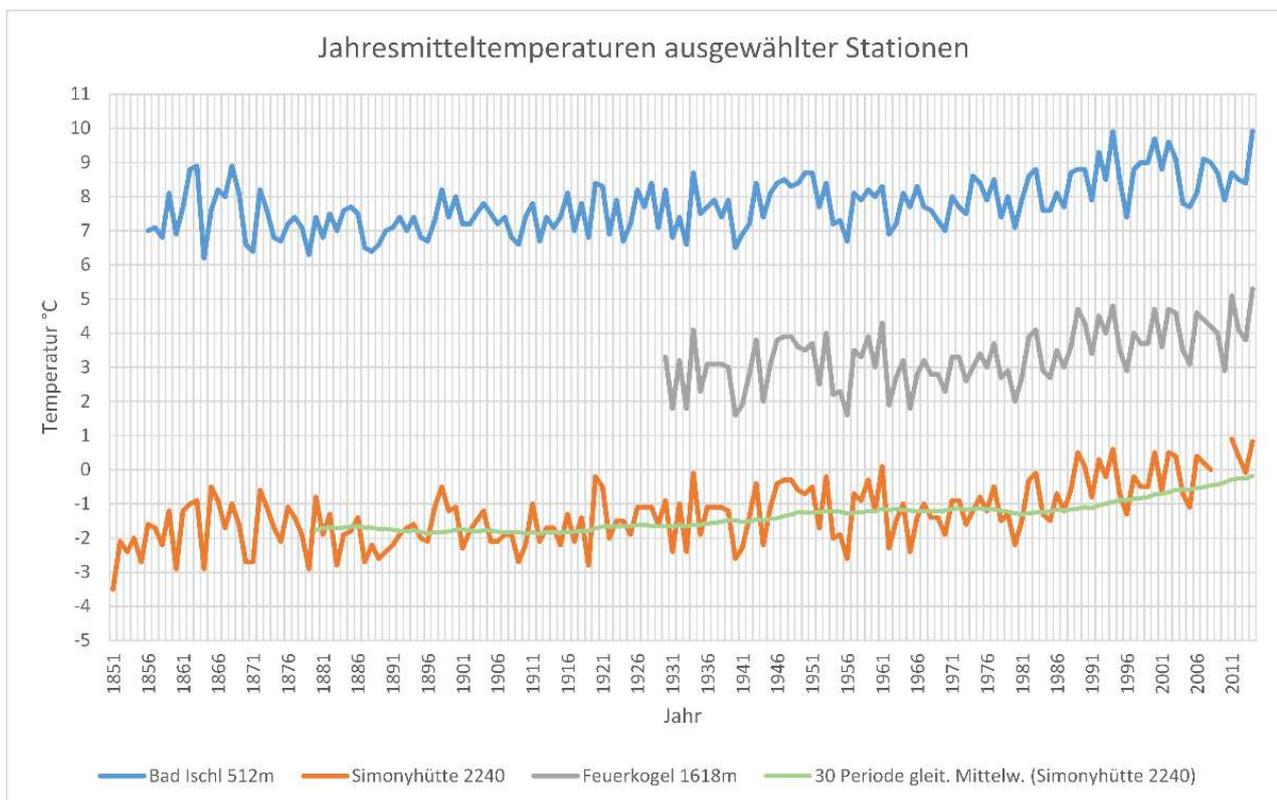


Abbildung 14: Temperaturreihe Bad Ischl bzw. Simonyhütte, grüne Linie 30 jähriger gleitender Mittelwert Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik⁴: HISTALP

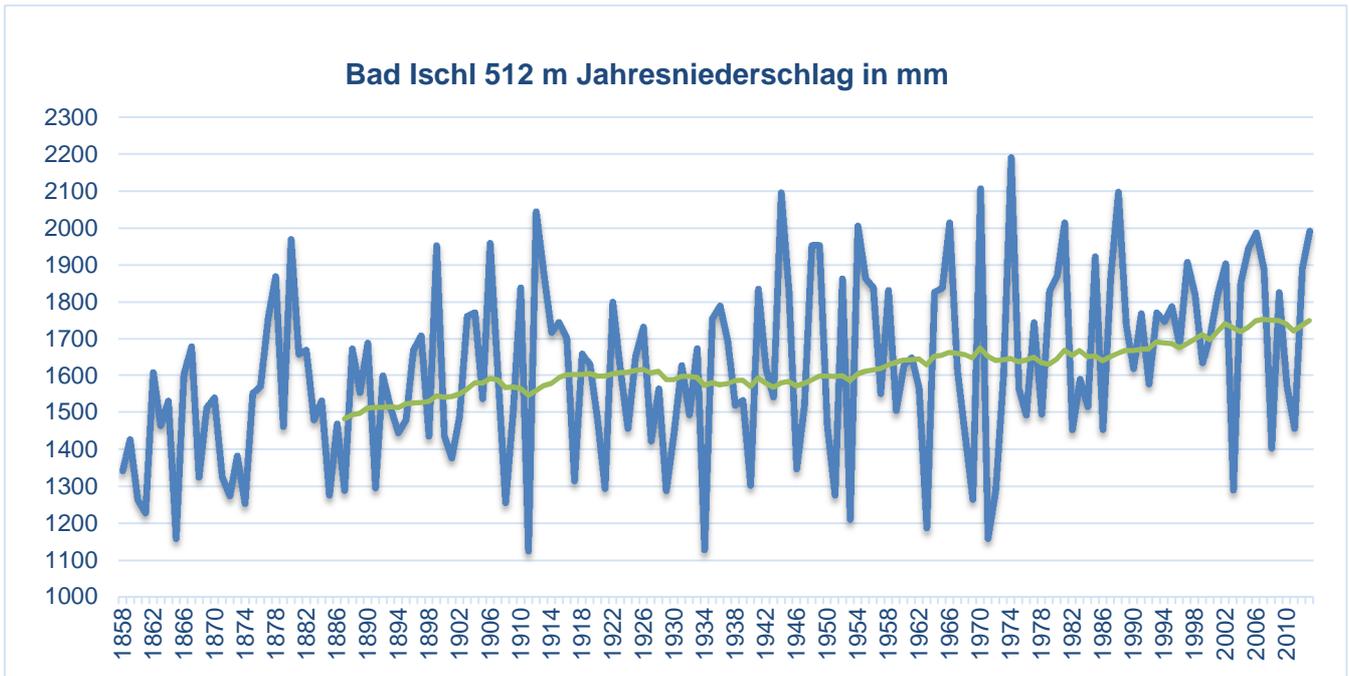


Abbildung 15: Niederschlagsreihe Bad Ischl, grüne Linie 30 jähriger gleitender Mittelwert.
Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik⁴: HISTALP

Die langfristigen Messwerte von Temperatur und Niederschlag zeigen eine Erwärmung bzw. eine leichte Zunahme der Niederschläge. Die Zunahme der Temperatur entspricht in etwa auch den in anderen Regionen des Alpenraums gemessenen Trends für eine vergleichbare Klimaregion (Alpen Nordseite). So ist der Temperaturanstieg mit $0,2^{\circ}\text{C}/10$ Jahren im Gebirge ähnlich jenen Anstiegen die für Stationen des Flachlands ermittelt werden. Die Temperaturmessungen zeigen dass der Anstieg im Sommer stärker ist als in den Wintermonaten.

Die Niederschlagsmessung der Station Bad Ischl zeigt einen kontinuierlichen leichten Anstieg der Niederschläge. Die jährliche Schwankungsbreite der Niederschläge ist groß und liegt bei Maximalwerten von 2000 mm/Jahr und darüber, in trockeneren Jahren werden meist nur 1100 mm erreicht. Der 30 jährige Mittelwert des Jahresniederschlags für Bad Ischl liegt in der *Periode 1981-2000* bei 1698 mm, in der aktuellen Vergleichsperiode *1981 bis 2010* schon bei 1781 mm. Dieser Anstieg bedeutet einen um 4 % höheren Wert.

Massenbilanzen:

Gletscher sind empfindliche Indikatoren für Klimaänderungen. Dennoch gibt es weltweit nur wenige Gletscher an denen langjährige Reihen des Massenhaushaltes gemessen werden (IPCC, 2007). Massenbilanzmessungen dienen dabei zur Untersuchung des direkten Zusammenhanges zwischen Gletscher und dem Klima. Diese Verbindung drückt sich langfristig in Flächen- und Volumsänderungen aus. Entscheidend für die Entwicklung eines Gletschers sind Veränderungen im Bereich des Massengewinns, der Akkumulationszone, und der Bereich des Massenverlustes, der Ablationszone. Abbildung 16 zeigt einen schematischen Schnitt entlang der zentralen Fließlinie eines Gletschers

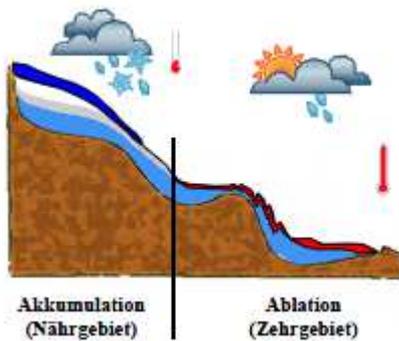


Abbildung 16: Schematischer Schnitt entlang der zentralen Fließlinie eines Gletschers. Farblich dargestellt sind die Eismasse des Gletschers (hellblau), im Bereich der Akkumulation Schnee (dunkelblau) und Firn (weiß/grau) sowie der Massenverlust (rot) im Ablationsgebiet. Die Thermometer geben die relativen Temperaturverhältnisse wieder.

Gelegen im Dachsteingebiet, gehört der Hallstätter Gletscher zu den nördlichen Kalkalpen und wird von den klimatischen Bedingungen des Alpenordrandes beeinflusst. Speziell in dieser Region treten erhöhte Niederschlagsmengen gegenüber dem Alpenhauptkamm auf. In Folge dessen kann

sich der Gletscher in niedrigeren Höhenstufen halten. In Verbindung mit meteorologischen Daten und Massenbilanzmessungen über mehrere Jahre können solche Beziehungen näher untersucht werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse für das Massenhaushaltsjahr 2013/14 dargelegt.

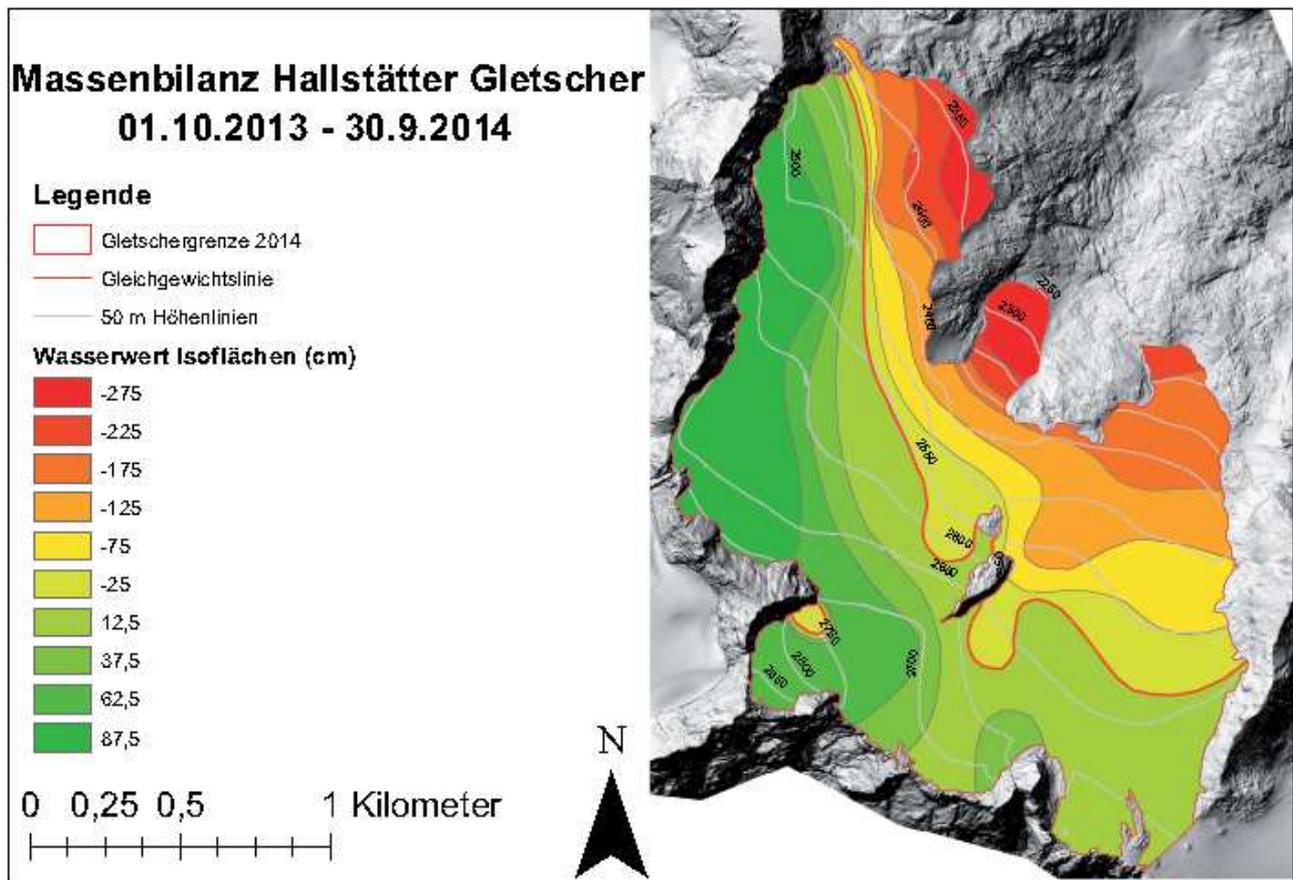


Abbildung 17 Massenbilanz Hallstätter Gletscher für das Bilanzjahr 2013/14
Quelle: IGF Innsbruck/Blue Sky¹



Abbildung 18: Übersicht über die Massenbilanzen/Längenmessungen von 2007 bis 2014
IGF Innsbruck/Blue Sky¹, Alpenverein

Literatur/Quellenhinweise:

- Moser R.: 1954:** *Die Vergletscherung im Dachstein und seine Spuren im Vorfeld.* Master's Thesis, Universität Innsbruck
- Moser R.: 1997:** *Die Dachsteingletscher und seine Spuren im Vorfeld.* Musealverein Hallstatt.
- Helfricht K. 2009:** *Veränderung des Massenhaushaltes am Hallstätter Gletscher seit 1856* Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Brückl: E.G. Gangl und P. Steinhäuser, 1969:** *Die Ergebnisse der Seismischen Gletschermessungen am Dachstein im Jahre 1967.* Publ. Der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien
- Fischer A., Helfricht K., Reingruber K.: 2009:** *Gletscher, Klima und nachhaltige Entwicklung am Beispiel des Hallstätter Gletschers.* Landschaft und nachhaltige Entwicklung/Dachstein und Salzkammergut Universität Salzburg
- Weingartner H., Laimer HJ., Türk R. 2006:** *Lehrpfad Hallstätter Gletscher, Ein Begleiter durch die Gebirgslandschaft am Dachstein.* Universität Salzburg
- Brunner K, Kretschmer I., Krobath M. 2004:** *Das Karls-Eisfeld Forschungsarbeiten am Hallstätter Gletscher.* Wissenschaftliche Alpenvereinshefte
- Böhm R., Schöner W., Auer I., Hynek B., Kroisleitner C., Weyss G.2007:** *Gletscher im Klimawandel* Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.
- ⁵ **BEV:** digitaler Datensatz BEV 2011: Oberösterreich im Würmglazial Tafel 8, Graphik: M. Brüggemann-Ledolter.
- Slupetzky, H.:** Holzfunde aus dem Vorfeld der Pasterze. Erste Ergebnisse von C¹⁴ Datierungen- Zeitschrift für Gletscherkunde Bd 26, Innsbruck 1990, S 179 bis 187
- ⁴ **Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik:** Graphiken Webseite (2014) Klima Informationsportal/Klimawandel- Klimavergangenheit
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2006/2007 Kay Helfricht ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2007/2008 Kay Helfricht ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2008/2009 Kay Helfricht ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Vorläufiger Bericht über die Ermittlung der Eisdicke durch das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck. Kay Helfricht ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2009/2010 Mag M. Stocker Waldhuber ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹, Mag K. Helfricht
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2010/2011 Mag M. Stocker Waldhuber ¹ Mag Klaus Reingruber ² Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹ Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der ÖAW¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2011/2012: Mag M. Stocker Waldhuber ¹, Mag Klaus Reingruber ², Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Meteorologie/Geophysik Universität Innsbruck¹ Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der ÖAW¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2012/2013: Mag L. Hartl ¹, Mag M. Stocker Waldhuber ¹, Mag Klaus Reingruber ², Dr. Andrea Fischer¹
- Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der ÖAW¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Massenhaushalt und Klima 2013/2014: Mag L. Hartl ¹, Mag M. Stocker Waldhuber ¹, Mag Klaus Reingruber ², Dr. Andrea Fischer¹
- ⁶ **Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik:** Klimatographie OÖ (2014) im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung.
- ¹**Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung der ÖAW¹/Blue Sky Attnang Puchheim²:** Klimatographie für OÖ Mag L. Hartl ¹, Dr. Kay Helfricht ¹, Mag Klaus Reingruber ², Dr. Andrea Fischer¹

4Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: HISTALP(Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region 2014 <http://www.zamg.ac.at/histalp>)