

ZWEI JAHRHUNDERTE KLIMASCHWANKUNGEN IN ZWEI TÄLERN DER ZENTRALALPEN

Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Manfred Ganekind und Alexander Orlik, Wien

Der Großraum Alpen, vom Rhonetal bis zur ungarischen Tiefebene und von der Cote d'Azur bis zu den Vogesen, der schwäbischen Alp und dem Böhmerwald, ist weltweit das Gebiet mit den meisten langen Klimazeitreihen. In mehr als zehnjähriger Zusammenarbeit mit den Wetterdiensten, Hydrographischen Ämtern, aber auch Universitäten der Region konnte die HISTALP-Datenbank aufgebaut werden (Auer et al., 2007). Sie enthält mehr als 500 qualitätsgeprüfte monatliche Klimazeitreihen, deren ältere Teile an den Standort, die Instrumente, die Beobachtungszeiten, die Umgebung und andere Einflussfaktoren der aktuellen Stationen angepasst wurden. Diese aufwendige Arbeit nennt man „homogenisieren“, - erst dadurch zeigen Klimazeitreihen das tatsächliche Klima und nicht etwa die Übersiedlung der Messstation Badgastein von der Schule zum höher gelegenen Talboden Richtung Bockstein, die natürlich eine Abkühlung ergeben hätte. Diese HISTALP-Datenbank der ZAMG enthält eine Fülle von Material über die Klimaschwankungen der letzten 150 bis 250 Jahre, aus dem hier ein kleiner Ausschnitt besprochen wird. Wir wollen uns auf zwei Gemeinden der Hohen Tauern konzentrieren, Rauris und Flattach, - das Zielgebiet des ZAMG-Projekts „A Tale of two Valleys“ (BMWF-Programm proVision) - und auf die hier in den letzten beiden Jahrhunderten stattgefundenen Schwankungen, Trends und Extremwerte der Temperatur, des Niederschlages und des Schneefalls in den verschiedenen Seehöhenstufen von den Tälern bis in die Dreitausenderregion des Alpenhauptkamms.

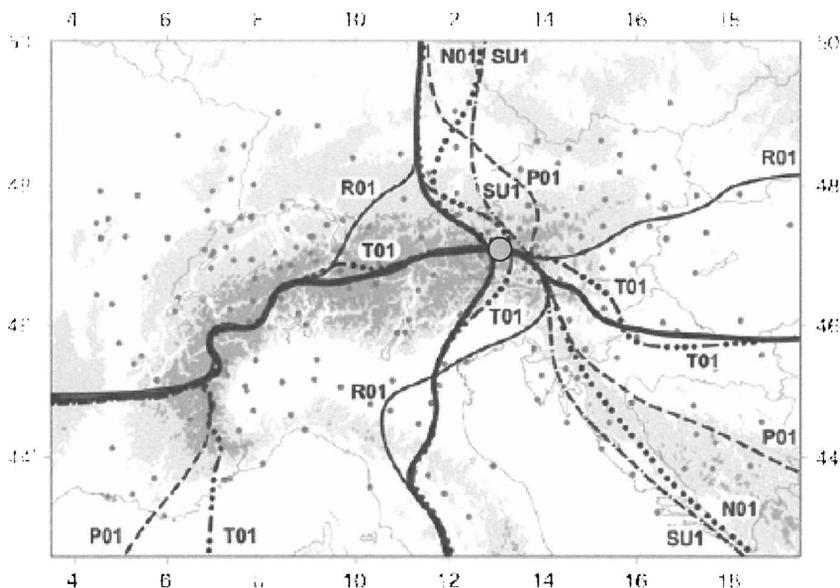


Abbildung 1: Die vier Klimaregionen des Großraums Alpen. Dünne Linien zeigen die Klimagrenzen für die Temperatur (T01), den Niederschlag (R01), den Luftdruck (P01), den Sonnenschein (SU1) und die Bewölkung (N01). Die dicken Linien sind der „Kompromiss“ für das Klima insgesamt. ○...2-Täler Gebiet (Quelle: Auer et al., 2007)

Die Karte des Großraums Alpen in Abbildung 1 zeigt seine Unterteilung in unterschiedliche Hauptklimazonen. Die dünnen Linien sind das Ergebnis einer mathematischen Methode (Hauptkomponentenanalyse), die ähnliche Klimagebiete für die verschiedenen Klimagrößen zusammenfasst. Die dicken Linien stellen die

Hauptklimagrenzen im Alpenraum dar. Die eher waagrechte dicke Linie trennt das Mittelmeerklima vom gemäßigten Klima der Westwindzone, die etwa senkrecht verlaufende Linie trennt den eher atlantischen (ausgeglichenen) Bereich im Nordwesten vom eher kontinentalen Nordosten (kältere Winter, heißere Sommer). Der mediterrane Süden des Alpenraums wird im Sommer vom „Subtropenhoch“ aufgesucht, zeigt aber in den Übergangsjahreszeiten deutlich höhere Niederschläge als der Norden des Alpenraums. Im atlantischen Bereich ist die Niederschlagsverteilung über das Jahr eher ausgeglichen, in den nördlichen Zentralalpen gibt es den meisten Niederschlag im Sommer. Die Zweitälerregion befindet sich ziemlich genau am Kreuzungspunkt von vier Europäischen Hauptklimazonen und reicht mit seinen hohen Gebirgszügen außerdem noch in eine vertikale Klimazone hinein, die sich in Meeresniveau erst wieder in der Arktis findet.

Wir haben die regionalen Klimareihen der HISTALP-Datenbank (Efthymiadis et al., 2006, Auer et al., 2005, 2007) mit den lokalen Messreihen der Zweitälerregion „verschnitten“ und so zwei volle Jahrhunderte instrumenteller lokaler Klimareihen erzeugt, die im Tal den Zeitraum 1800 bis 2007 überdecken, für die höheren Gebirgslagen beginnen die Klimareihen im Jahr 1818. Alle monatlichen, jahreszeitlichen und jährlichen Reihen von Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag (getrennt nach Schnee- und Regen) für Flattach, Rauris, den Sonnblick sowie für dazwischen liegende Seehöhen von 1500m, 2000m und 2500m können von der Projektshomepage herunter geladen werden. Die folgenden Abschnitte zeigen und beschreiben eine Auswahl davon.

In Rauris begannen direkte Klima-Messungen, die bis heute weitergeführt werden, im Jahr 1875. Gut zehn Jahre später nahm das Sonnblick Observatorium seinen Betrieb auf, das mit seinen 120 jährigen Klimareihen aus der Hochgebirgsregion wissenschaftliche Weltgeltung besitzt und die für Gebirgsregionen so wichtige Information direkt vom Alpenhauptkamm liefert. Darüber hinaus konnten für die Region Hohe Tauern die Klimazeitreihen von Zell am See (seit 1875), Schmittenhöhe (seit 1880), Bad Gastein (seit 1854), Radstadt (seit 1896) und Salzburg (seit 1842) herangezogen werden.

In Flattach selbst gibt es keine langjährigen Klimabeobachtungen. Kürzere Klimareihen gibt es für Flattach zwischen 1901 und 1921, Kleindorf und Innerfragant aus aktuelleren Zeiträumen, etwas längere aus Obervellach und Döllach. Lange Zeitreihen der HISTALP-Datenbank liegen aus der südlichen Hohe Tauern Region aus Heiligenblut, Kals, Lienz, Millstatt und Radenthein vor.

Temperatur

Die „Klassiker“ aller Klimakurven sind wohl die der Jahresmittel der Lufttemperatur. Beginnen wir deshalb unsere Reise durch die letzten beiden Jahrhunderte des Klimas der Hohen Tauern mit ihnen. Abbildung 2 zeigt die einzelnen Jahresmittel und einen geglätteten Verlauf für das Mölltal bei Flattach in rund 700m, für den Ort Rauris in etwa 950m und für zwei Höhenlagen (2000m und 3100m). Abgesehen davon, dass die Temperaturen mit der Seehöhe abnehmen fällt auf, dass der geglättete Verlauf in den verschiedenen Höhenstufen sehr ähnlich ist. Gegenüber einer Kälteperiode im 19. Jahrhundert hat die Temperatur in der Region um rund 2°C zugenommen – das ist etwa doppelt so viel wie die Temperaturzunahme in Mittel der ganzen Erde (Matulla et al., 2005, Jones et al., 1999, Brohan et al., 2006). Die Erwärmung erfolgte nicht stetig, sondern in zwei Hauptschüben: der erste von 1890 bis 1950, dann eine leichte Abkühlung bis in die 1970er Jahre und schließlich unser aktueller Wärmeschub in den 1980er und 1990er Jahren. Der heutige Stand der Klimaforschung schreibt den ersten Wärmeschub natürlichen Ursachen zu, den zweiten zumindest zum Teil dem menschlich verursachten (anthropogenen) Treibhauseffekt. Ein Blick an den Anfang der Kurven zeigt, dass um 1800 ebenfalls wärmere Zeiten herrschten, erst ab den 1810er Jahren die letzte Phase der „Kleinen Eiszeit“ für einen letzten Kältetiefpunkt sorgte, der zu den kältesten der letzten 10.000 Jahre gehörte, wie wir aus den indirekten Klimazeugen (Proxidaten) der Klimavorvorgangenheit wissen.

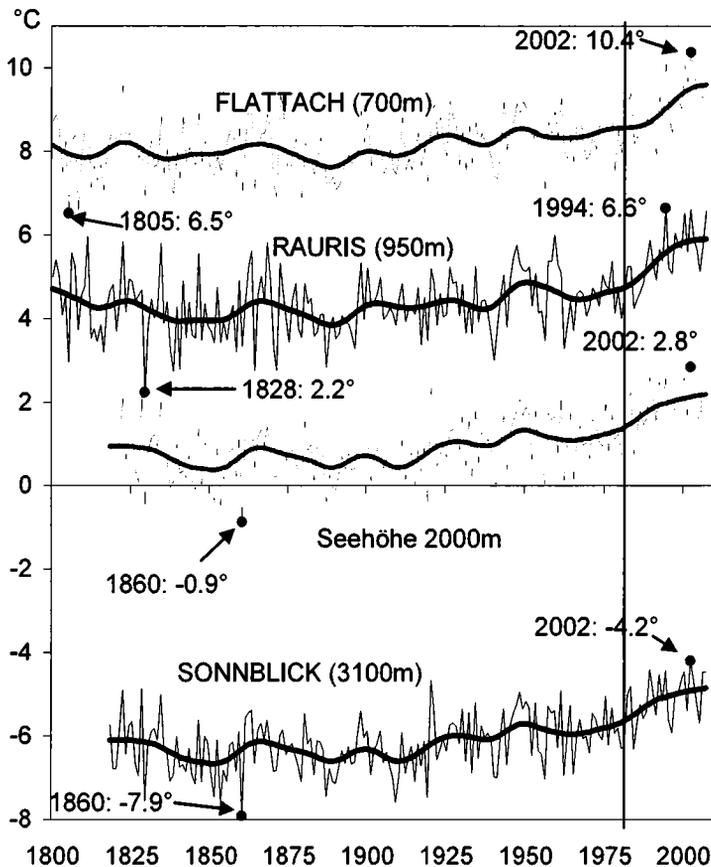


Abbildung 2: Jahresmittel der Lufttemperatur in Flattach, Rauris, in den Hohen Tauern in 2000m und in 3100m Seehöhe (Sonnblick). Die dünnen Linien zeigen die Einzeljahre, die dicken sind 30-jährig geglättet. Talreihen 1800-2007, Bergreihen 1818-2007. Die kältesten und wärmsten Jahre der Zeitreihen sind als schwarze Punkte markiert. Die vertikale Linie in den frühen 1980er Jahren markiert die Wende vom natürlichen zum menschlich mit beeinflussten Treibhausklima

Ein Blick auf die dünnen Linien der Einzeljahre zeigt, dass diese wesentlich stärkere Schwankungen von Jahr zu Jahr besitzen, als der langjährig geglättete Verlauf. Diese starke kurzfristige Variabilität von Jahr zu Jahr (Jahreszeit zu Jahreszeit, Monat zu Monat, Tag zu Tag) im Verhältnis zu den viel geringeren langfristigen Trends ist es, die zu vielen Missverständnissen in der Klimadebatte führt. Sie wird von uns viel eher wahrgenommen, als der Langfristtrend – gerade er ist es jedoch, um den sich unsere Sorgen um das Klima der Zukunft drehen. Der einzelne heiße Sommer 2003 sagt genauso wenig aus über Langfristrends wie der wieder recht kalte Winter 2005/06. Auch der in den letzten zehn Jahren spürbar gewordene Kurzfristtrend zu wieder kälteren Wintern muss erst noch länger andauern (was nicht zu erwarten ist), um sich zu einer „Klimawende“ auszuwachsen. Beides erkennt man in den Jahreszeitenkurven der Abbildungen 3.

Zunächst fällt die viel stärkere Unruhe der Winterkurve auf. Zwischen dem kältesten Winter liegen im Tal beinahe 10°C. Im Frühling ist die Schwankungsbreite nur etwa halb so groß. Eine generelle langfristige Erwärmung erkennt man im Winter und Sommer im 20. Jahrhundert, im Frühling eher nur in den letzten 25 Jahren, und die Herbste haben sich über die beiden letzten Jahrhunderte am wenigsten verändert. Der Sommer 2003 war außergewöhnlich, aber hier im inneren Alpental weniger extrem als im westlichen Mitteleuropa und Westeuropa. Das herbstliche Gegenstück zum Sommer 2003 fand im Herbst 2006 statt, der in allen drei Reihen einen neuen Rekord brachte, der allerdings bereits wieder im Folgeherbst 2007 durch einen sehr kühlen gefolgt wurde.

Alles in allem finden wir in den lokalen Klimakurven des Mölltales und Raurisertales und ihrer Berge eine generelle Erwärmung, etwa doppelt so stark wie im globalen Mittel, und vor allem im 20. Jahrhundert.

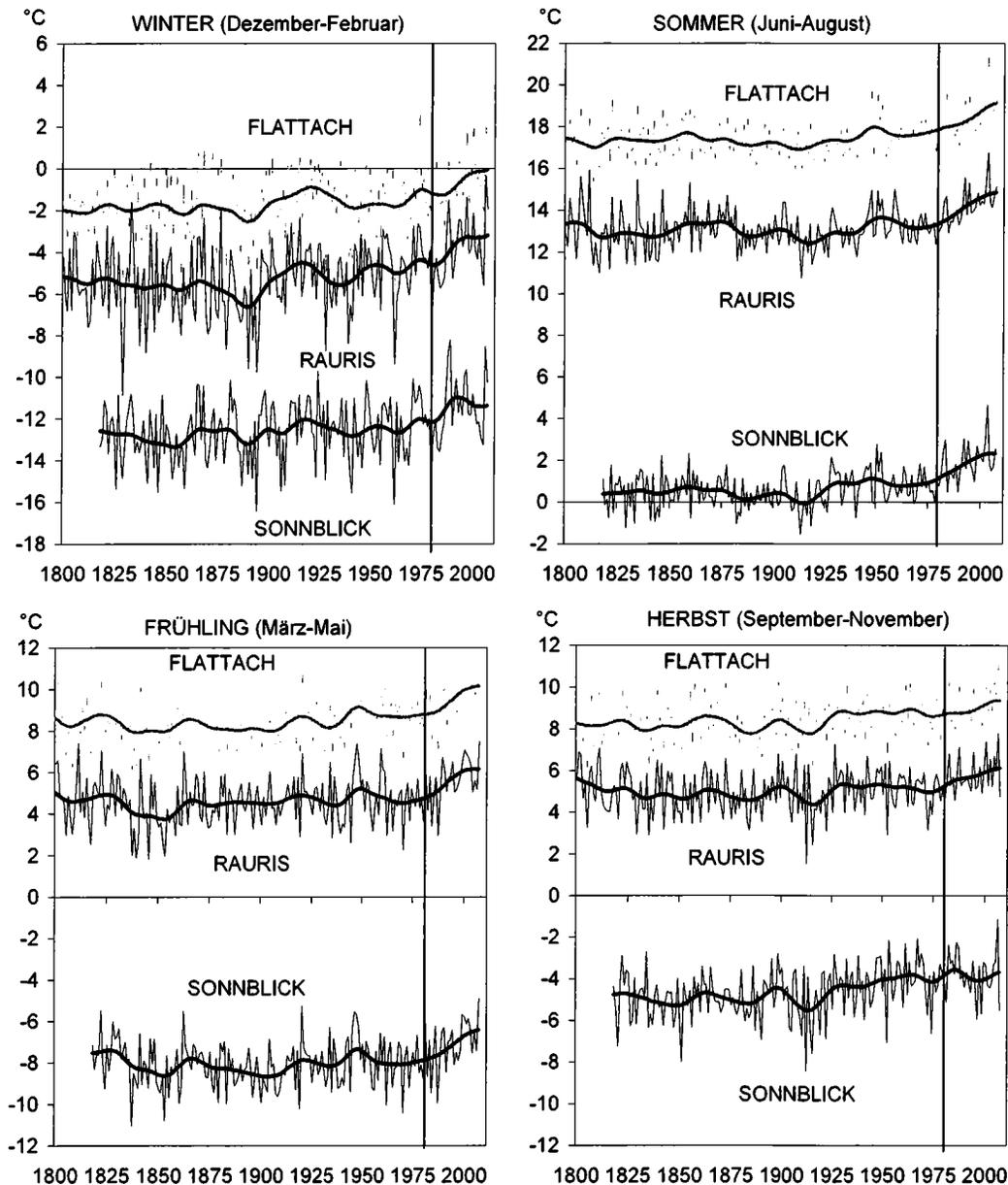


Abbildung 3: Jahreszeitenmittel der Lufttemperatur in Flattach, Rauris 1800-2007 (Winter: 1800/01-2007/08) und auf dem Sonnblick 1818-2007 (Winter: 1818/19-2007/08). Die dünnen Linien zeigen die Einzeljahre, die dicken sind 30-jährig geglättet.

Ein längerer Blick zurück auf die alpine Temperaturrekonstruktion der letzten 1250 Jahre in Abb. 4 zeigt allerdings, dass das 19. Jahrhundert eine letzte Phase der besonders kalten „Kleinen Eiszeit“ war, und die darauf folgende Erwärmung zum Teil eine natürliche „Erholung“ zu „normalen“ Verhältnissen. Die letzten 25 Jahre allerdings entsprechen ungefähr dem, was die Klimamodelle auch für den globalen Trend im 21. Jahrhundert erwarten lassen. Die Temperaturkurve beginnt gerade, sich aus dem breiten Bereich der natürlichen Klimavariabilität heraus zu bewegen, der im Alpenraum für die

Sommertemperaturen zwischen -4.6° und $+2^{\circ}$ (Abweichungen vom Mittel des 20. Jahrhunderts) liegt.

In den lokalen Klimakurven steckt allerdings immer auch ein „Zirkulationssignal“. Je nachdem, ob die Luft mehr oder weniger vom Atlantik ins Gebiet strömt, gibt es milde Winter oder kühle Sommer. Luft vom Eurasischen Kontinent verursacht kalte Winter, heiße Sommer werden durch das Subtropenhoch erzeugt und hier durch Föhn noch verstärkt.

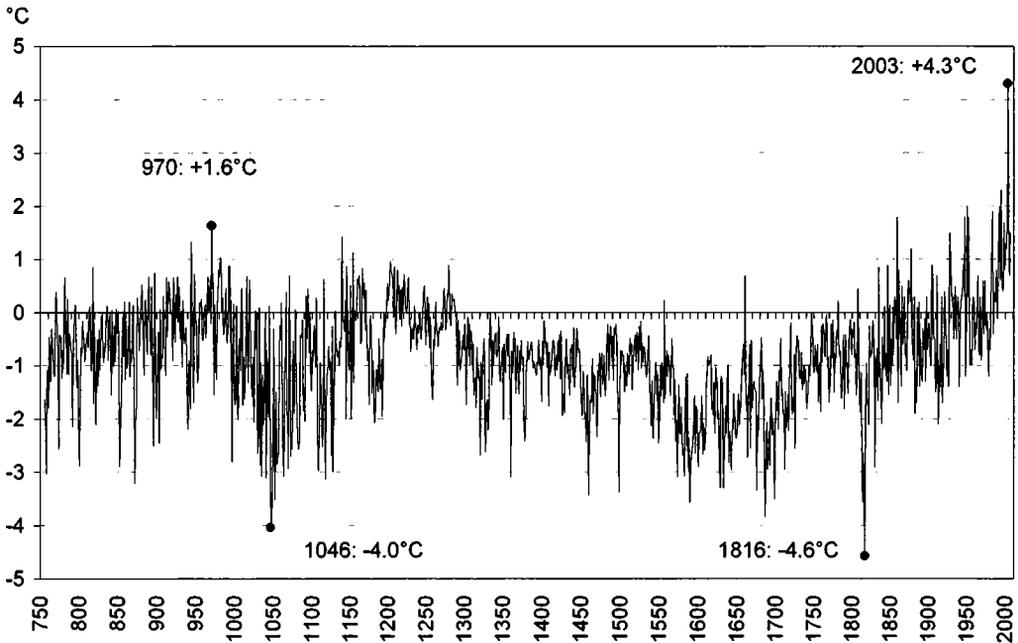


Abbildung 4: Rekonstruktion der Sommertemperaturen (Juni-September) seit dem Jahr 755 n. Chr. in den Hochalpen. 755-1850 aus hunderten hochalpinen Jahrringdichtereien (Büntgen et al., 2006), 1851-2006: direkt gemessene hochalpine HISTALP-Daten (Auer et al., 2007)

Niederschlag

Niederschlag ist zwar bei den Touristen nie, in der Landwirtschaft manchmal unbeliebt (wenn es gilt, die Ernte einzubringen), sein ausreichendes Vorkommen ist jedoch ein in seiner Bedeutung nicht hoch genug einzuschätzender Vorteil unseres Klimas. Speziell im Nord- und Zentralalpenbereich ist das Niederschlagsangebot das ganze Jahr über vorhanden, es bedarf keiner künstlichen Bewässerung in der Landwirtschaft, und der Abfluss der Gebirgsbäche und -flüsse stellt eine wertvolle regenerierbare Energiequelle dar, deren maßvoller Einsatz im Hinblick auf die Probleme, die die fossilen Energiequellen für den Treibhauseffekt darstellen, gleichwertig neben Solar-, Wind- und Bio-Energiequellen zu stellen ist.

Abbildung 5 zeigt den Jahresgang des Niederschlages in der Zweitälerregion und für einen Vergleichsstandort im südlich angrenzenden Kanaltal im langjährigen Mittel der 208 Jahre von 1800 bis 2007. In Rauris gibt es den für alle Alpentäler nördlich des Alpenhauptkamms typischen Verlauf mit den höchsten Niederschlagssummen im Sommer, den geringsten im Winter. In den Hochgebirgslagen des Alpenhauptkamms fällt mehr als doppelt so viel Niederschlag wie im Tal, und er ist auch viel regelmäßiger über das Jahr verteilt. Wie schon bei der Temperatur erkennen wir hier wieder die stärkere ozeanische Prägung der Hochalpen gegenüber den Tälern. Im Mölltal finden wir bereits zwei schwach ausgeprägte aber merkbare Einflüsse des Mittelmeeres: Die Sommerniederschläge sind

geringer als im unmittelbar benachbarten Rauris, dafür erkennt man schon eine Tendenz zu den für die Adria so typischen Herbstniederschlägen, vor allem bei den maximalen Niederschlagsmonaten. Das typische Nord-Adriaklima ist im Diagramm eines HISTALP-Gitterpunkts im Kanaltal zu sehen. Hier, nicht weit entfernt vom Mölltal, ist das Sommermaximum wieder ein Stück flacher geworden und die Adria schickt generell mehr Feuchtigkeit, als weiter nördlich in den Alpen. Am häufigsten und intensivsten tut sie das im Herbst, wenn vom noch relativ warmen Meer viel Feuchtigkeit verdunstet und die Mittelmeertiefs diese hier entladen.

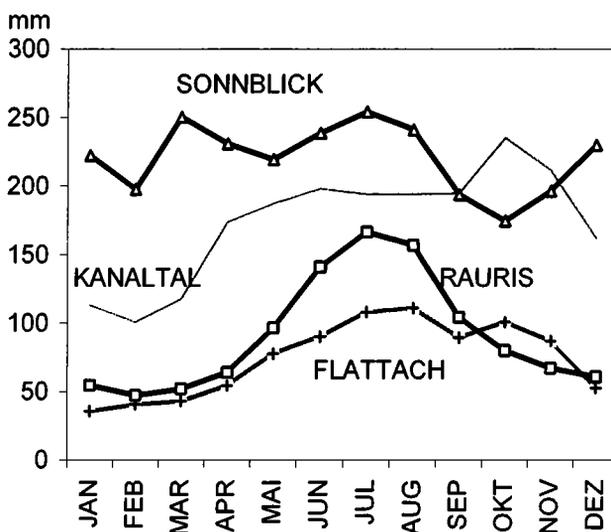


Abbildung 5: Jahresgang der Monatssummen des Niederschlages in Flattach, auf dem Sonnblick, in Rauris und zu Vergleich im Kanaltal, das bereits die typisch mediterranen Herbstniederschläge zeigt. Mittlere Monatssummen in den 208 Jahren 1800-2007

Wie der Verlauf der Jahresniederschlagssummen in der Region in den beiden letzten Jahrhunderten war, zeigt Abbildung 6. Neben den bereits besprochenen viel höheren Niederschlägen in den Höhenlagen, die in der Dreitausender-Region um 2600 bis 2800mm schwanken, in der 2000er Zone um 2000mm, im Tal um 1100mm, erkennen wir in manchen Perioden einige stärkere Abweichungen von diesen Langzeitmittelwerten. Nach eher feuchten Jahrzehnten zu Beginn des 19. Jahrhunderts, gab es um 1850 einen plötzlichen Rückgang des Niederschlages sowohl im Tal wie auch auf dem Berg. Diese Umstellung des Niederschlagsangebots um 1850 hilft mit, die ebenfalls um die Jahrhundertmitte ganz plötzlich zu Ende gehende Zeit der hohen Gletscherstände zu verstehen. Die Temperatur allein kann das nicht erklären. Das Goldbergkees z.B. zog sich bereits in den 50 Jahren von 1850-1900 um beinahe 500m zurück, beinahe gleich viel, wie im gesamten 20. Jahrhundert.

Die beiden extrem trockenen Jahrzehnte nach 1850 wurden überall im Großraum Alpen beobachtet, weit im Osten z.B. trocknete damals der Neusiedlersee zur Gänze aus, etwas, das seit damals nie mehr wieder vorgekommen ist. Danach ging allerdings der Niederschlagstrend vor allem in den Hochlagen wieder steil bergauf und erreichte in den maritimen 1910er Jahren sein Hauptmaximum der letzten 200 Jahre. Auf dem Sonnblick fielen damals im Schnitt etwa 600mm mehr Niederschlag als in den trockenen 1860ern. Seit den feuchten 1910ern zeigt der Niederschlagstrend dann vor allem in der 3000er Region generell wieder bergab. Auf dem Sonnblick werden nun wieder durchschnittlich 2600mm gemessen. Auch in dieser Hinsicht verhält sich der Sonnblick wieder ähnlich der Mittelmeerregion, die ebenfalls Austrocknungstendenzen zeigt. Das Raurisertal und auch schon die Höhen um 2000m nördlich des Alpenhauptkamms zeigen diesen negativen Trend nicht, sondern verlaufen eher ausgeglichen (im Tal) bis leicht ansteigend (in mittleren

Höhen). Damit reagieren die Rauriser Grasberge ähnlich wie die nördlichen Westalpen der Schweiz und Frankreich, wo überall ein Langzeittrend zu mehr Niederschlag vorherrscht, während das Rauriser Tal eher an den Nordosten der Alpen gekoppelt ist.

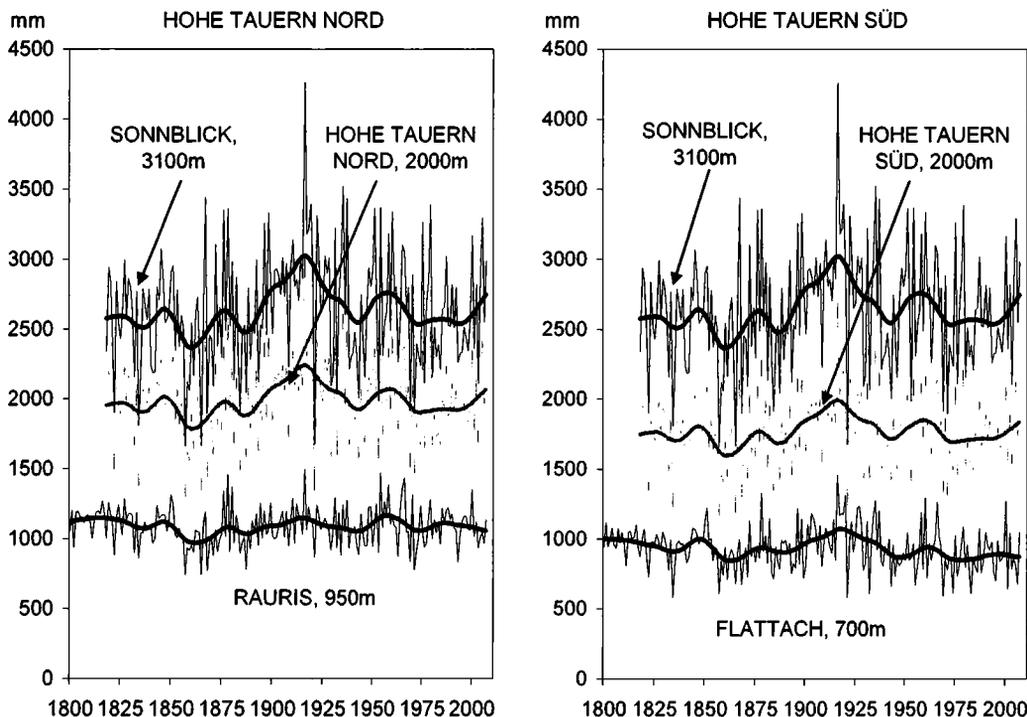


Abbildung 6: Jahressummen des Niederschlags 1800-2007 in den zwei Tälern, sowie für die Höhenstufen 2000m und 3100m: links nördlich des Alpenhauptkamms, rechts südlich des Alpenhauptkamms. Einzeljahre und 30-jährig geglättet

Südlich des Alpenhauptkamms ging der Niederschlagstrend in den Hochlagen und nördlich des Alpenhauptkamms nach 1850 ebenfalls steil bergauf und erreichte in den maritimen 1910er Jahren sein Hauptmaximum der letzten 200 Jahre. Seit den feuchten 1910ern geht der Niederschlagstrend dann vor allem in der 3000er Region generell wieder bergab, seit 20 Jahren ist jedoch in den Höhenlagen der Hohen Tauern, nördlich wie südlich wieder eine Trendumkehr zu beobachten. Das Mölltal allerdings zeigt seit den feuchten 1910er Jahren einen relativ kontinuierlichen und anhaltenden Abwärtstrend. Generell ist der für die gesamten letzten zwei Jahrhunderte vorhandene leicht abnehmende Niederschlagstrend der Tallagen des Mölltals ähnlich der gesamten Adria- und Balkanregion, die ebenfalls Austrocknungstendenzen zeigt. Dieser Trend ist in scharfem Gegensatz zu den nördlichen Westalpen der Schweiz und Frankreich, wo überall eine Langzeittendenz zu mehr Niederschlag vorherrscht, während das Mölltal und der gesamte Südosten Österreichs eher an den Adria- und Balkanraum gekoppelt sind.

Man sieht, dass die Lage von Rauris, Flattach und des Sonnblicks am Hauptknotenpunkt von drei gesamteuropäischen Klimazonen (Abbildung 1), sich speziell beim Niederschlag stark bemerkbar macht: der Alpenhauptkamm tendiert mehr zu maritimem Klima, bei den Extremwerten mehr zum Mittelmeer als zum Atlantik, die mittleren Höhen, wie etwa das Rauriser Schigebiet, sind eher vom Atlantik gesteuert, während das Tal selbst eher kontinentale Tendenzen zeigt.

Schneefall

Wenn es ein Klimaelement gibt, über das man sich in den Alpen spezielle Sorgen für die Zukunft machen muss, ist das in erster Linie der Schnee. Sowohl sein übermäßiges Auftreten in Extremjahren, als auch sein Ausbleiben in trockenen oder milden Wintern oder seine mögliche Reduktion in den „Treibhausjahren“ der Zukunft schafft Probleme, denen man sich stellen muss. Gerade die Kompliziertheit des Klimaelements Schnee im Gebirge, seine Entstehung, seine Verwehung, die unregelmäßige Ablagerung und auch Abschmelzung an oft unmittelbar benachbarten Stellen, machen jedermann klar, warum es so wenig gesicherte Tatsachen über den Schnee gibt. Wegen der bisher ungelösten Probleme bei der Homogenisierung der kleinräumig überaus variablen direkten Messreihen dieses Klimaelements müssen wir vorerst auf eine indirekte Methode zurückgreifen, die aber wahrscheinlich die besten Resultate über langfristige Schneetrends liefert, und auch bei der Behandlung der Klimazukunft Erfolg versprechend ist.

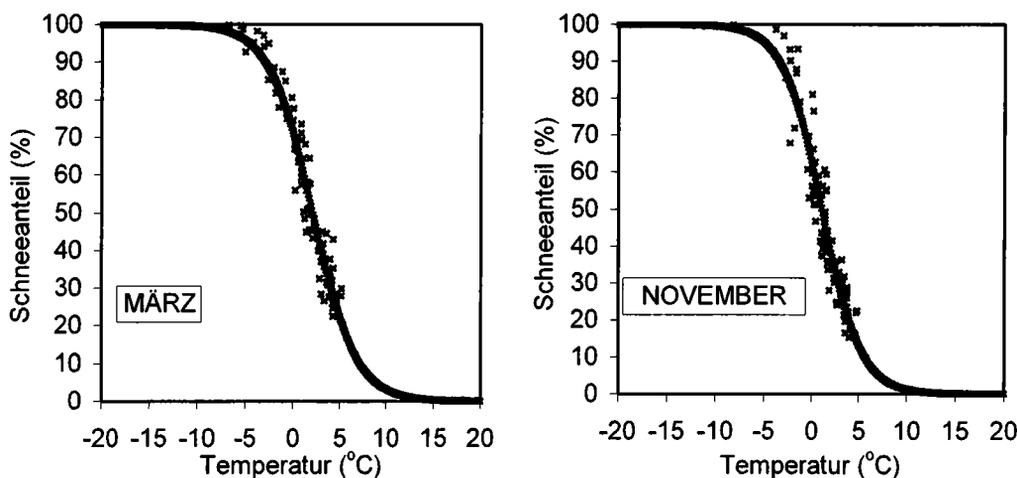


Abbildung 7: Zwei Beispiele für den engen Zusammenhang zwischen dem Monatsmittel der Lufttemperatur und dem Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag für März und November in den Ostalpen. (Einzelwerte für 84 österreichische Klimastationen aus der Klimanormalperiode 1961-1990 und die daraus berechneten tanh-Funktionen)

Im österreichischen Klimabeobachtungsnetz wird nicht nur die Niederschlagsgesamtsumme gemessen, sondern jeweils angegeben, ob es sich um „flüssigen, festen oder gemischten“ Niederschlag gehandelt hat. Dadurch konnte der Zusammenhang zwischen den Monatsmitteln der Lufttemperatur und dem Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag für 84 österreichische Klimastationen in einem Zeitraum von 30 Jahren (der Klimanormalperiode 1961-1990) analysiert werden. Der Zusammenhang stellte sich als sehr eng heraus, er ist aber nicht linear. Die beiden Beispiele in Abbildung 7 zeigen, dass die Umstellung von Regen auf Schnee nicht plötzlich bei Null Grad erfolgt. 100% Schnees am Gesamtniederschlag ist erst bei Monatsmitteltemperaturen deutlich unter -5 Grad gegeben, dann erfolgt mit steigender Temperatur ein sehr regelmäßiger Übergang zu immer mehr Regen, der mathematisch gut durch eine tangenshyperbolicus-Funktion (tanh) beschreibbar ist. Erst bei Monatsmitteltemperaturen von etwa +10 Grad besteht in der Regel der Niederschlag zur Gänze aus Regen. Die geringen Abweichungen in den beiden Diagrammen der Einzelpunkte (die gemessen wurden) von der (berechneten) tanh-Kurve zeigt die Genauigkeit des Rechenmodells. Es gibt die wahren Verhältnisse gut wieder.

Wir können somit die genau geprüften homogenisierten und langjährigen Monatszeitreihen der Temperatur und des Gesamtniederschlags mit den errechneten tanh-Funktionen in Zeitreihen des festen und des flüssigen Niederschlags zerlegen. Diese

Zeitreihen des festen Niederschlages (streng genommen nicht nur Schnee sondern auch Hagel, Graupel, Griesel, deshalb auch im Sommer im Tal in sehr niedrigen Prozentsätzen vorhanden) stehen also mit hoher Genauigkeit für den „Wasserwert“ oder den Prozentanteil des Schnees. Die Qualität, die die Temperatur- und Niederschlagsreihen haben, lässt erwarten, dass diese „synthetischen“ Schneereihen genauer (und deutlich länger) sind, als direkt gemessene Schneehöhen mit all ihren Fehlermöglichkeiten, ihrer großen räumlichen Veränderlichkeit und damit Zufälligkeit. Schon ein neuer Zaun in der Umgebung einer Schneemessstelle kann eine Messreihe empfindlich stören, hat aber keinen Einfluss auf unsere indirekte Methode. Die in der Folge gezeigten Reihen geben Auskunft über das Angebot an fallendem Schnee, das die Natur den beiden Tauerntälern liefert, von Rauris in etwa 1000m bis hinauf zum Alpenhauptkamm mit dem Sonnblick in 3100m und auf der Südseite hinunter durch die Fragant bis ins Mölltal bei Flattach.

Man erkennt die unterschiedliche Reaktion der verschiedenen Höhenstufen auf die Veränderungen der Lufttemperatur, die ja im Tal und auf dem Berg sehr ähnlich verlaufen sind (Abb.2 und 3. Im Winter gibt es kaum eine Veränderung des Schneeangebots in der Dreitausender-Region, weder in den letzten 200 Jahren, noch in den letzten Jahrzehnten. Der Schneeanteil liegt stabil in der Nähe von 100%. Im Tal hingegen hat der Schneeanteil gerade im Winter am empfindlichsten auf die Erwärmung reagiert, von den strengen Wintern um 1890 bis zu den 1990ern gab es im höher gelegenen Raurisertal einen 15%igen Rückgang von rund 85% auf jetzt nur noch 70%, im südlichen und nur 700m hoch gelegenen Flattach einen von 65% auf aktuell 45%. Auch in den Höhenlagen des Rauriser Schigebietes um 2000m gab es bereits einen spürbaren Langzeit-Rückgang des Winterschnees um etwa 10%, erst oberhalb von 2000m gab es kaum einen Rückgang des Winterschneeangebots.

Genau umgekehrt ist die Situation im Sommer. Naturgemäß kaum eine Änderung im Tal, wo fast nie Schnee, höchstens Schneekörner, Graupeln oder Hagel bei labiler Luftschichtung für einige wenige Prozente an festem Niederschlag sorgen. Mit ansteigender Seehöhe jedoch wird der Sommerschnee sehr empfindlich auf den langfristigen Temperaturanstieg. Seit den kühlen Sommern der 1910er Jahre (Abbildung 3) ist der Schneeanteil in 2000m um 10% zurückgegangen, in in der Dreitausenderregion um beinahe 20%. Praktische Bedeutung besitzt dieser starke Schnee-Rückgang im Sommer in der Gletscherregion. Sommerliche Schneefälle schützen die Gletscher vor der Einwirkung der Sonnenstrahlung, da eine weiße Schneedecke bis zu 90% der Sonnenstrahlung reflektiert, das apere Eis nur 20 bis 30%. Dieser Effekt ist viel wichtiger, als die direkte „Ernährung“ der Gletscher mit Sommerschnee.

In den Zwischenjahreszeiten reagieren die mittleren Höhenlagen am stärksten. Auch hier ist die Situation in der Dreitausenderregion noch völlig stabil. Im Herbst jedoch fand in den Höhenlagen eine bemerkenswerte Trendumkehr zu wieder mehr Schnee in den späteren 1980er Jahren statt, die man im Tal nicht findet. Ob diese „Verschlechterung“ der Bergherbste als für das mediterrane Klima typisches Merkmal (vergl. Abb.5) auch in die Zukunft andauern wird, ist unklar. Die weiter steigenden Temperaturen werden wohl auch hier künftig für mehr „flüssiges Schlechtwetter“ sorgen.

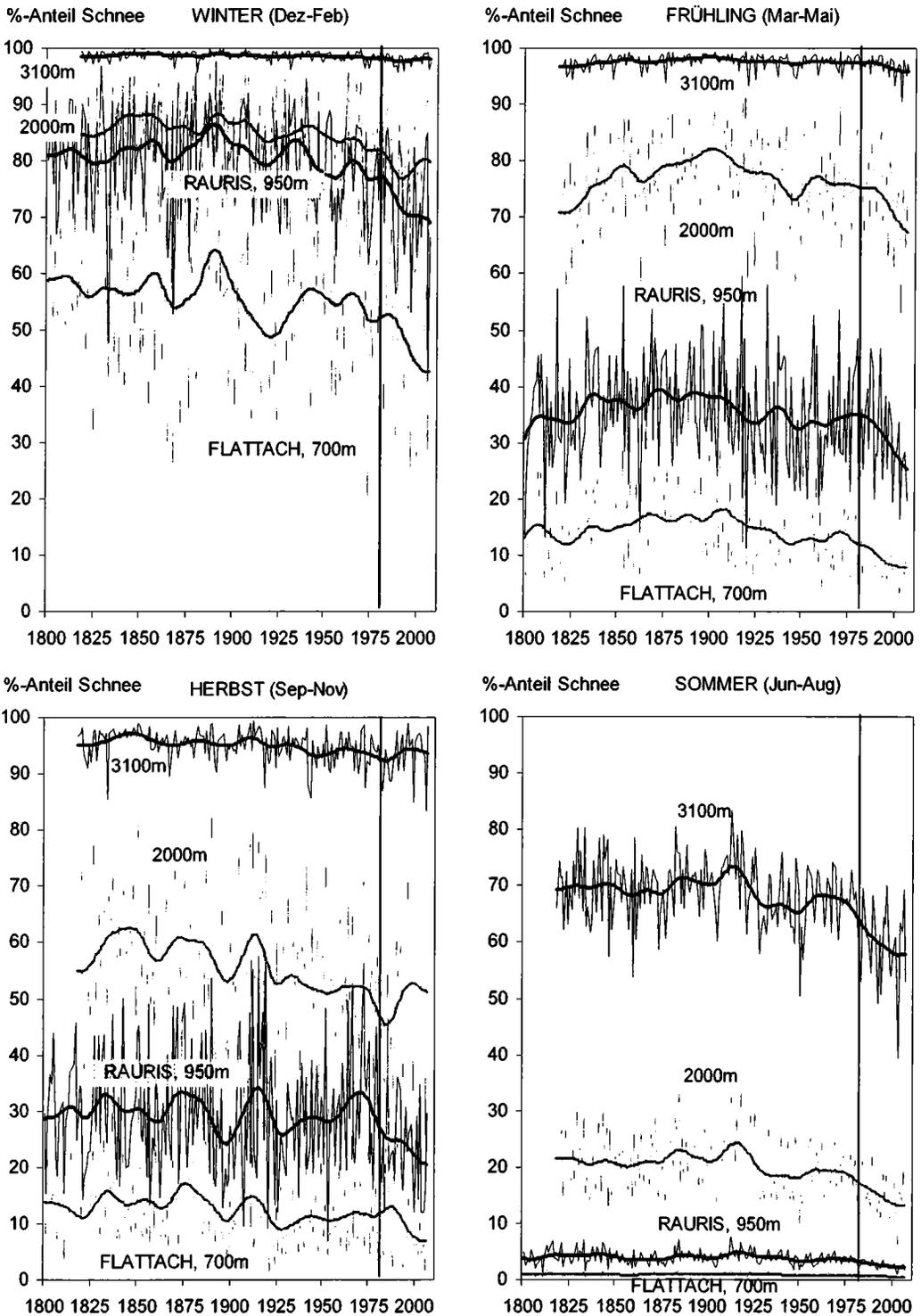


Abbildung 8: Zeitreihen des Prozentanteils des Schnees am Gesamtniederschlag in den vier Jahreszeiten in Flattach (700m), Rauris (950m) und in Höhenlagen von 2000m und 3100m von 1800 bis 2007/08 (Einzelwerte und 30-jährig geglättet).

Danksagung

Dieser Beitrag beruht auf Klimazeitreihen der HISTALP-Datenbank der ZAMG und wurde im Rahmen des ZAMG-Projekts „A Tale of two Valleys“ im Rahmen des Zukunftsforschungsprogramms proVision des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung angefertigt.

Weitere Ergebnisse des Projekt sind auf der Projekthomepage einzusehen: <http://www.zamg.ac.at/A-tale-of-two-valleys>.

Mehr über proVision auf: <http://www.provision-research.at>.

Literatur

- Auer I, Böhm R, Jurkovic A, Lipa W, Orlik A, Potzmann R, Schöner W, Ungersböck M, Matulla C, Briffa K, Jones PD, Efthymiadis D, Brunetti M, Nanni T, Maugeri M, Mercalli L, Mestre O, Moisselin J-M, Begert M, Müller-Westermeier G, Kveton V, Bochnicek O, Stastny P, Lapin M, Szalai S, Szentimrey T, Cegnar T, Dolinar M, Gajic-Capka M, Zaninovic K, Majstorovic Z, Nieplova E, 2007. HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003. *International Journal of Climatology* 27: 17-46
- Auer I, Böhm R, Jurkovic A, Orlik A, Potzmann R, Schöner W, Ungersböck M, Brunetti M, Nanni T, Maugeri M, Briffa K, Jones P, Efthymiadis D, Mestre O, Moisselin JM, Begert M, Brazdil R, Bochnicek O, Cegnar T, Gajic-Capka M, Zaninovic K, Majstorovic Z, Szalai S, Szentimrey T (2005): A new instrumental precipitation dataset in the greater alpine region for the period 1800-2002. *Int. J. Climatol.* 25 139-166
- Auer, I, Böhm R., Leymüller M, Schöner W, 2002. Das Klima des Sonnblicks – The Climate of Sonnblick. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik* 28: 304 Seiten plus CD-ROM
- Brohan P, Kennedy JJ, Harris I, Tett SFB and Jones PD, 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111: D12106, doi:10.1029/2005JD006548
- Brunetti M, Maugeri M, Nanni T, Auer I, Böhm R, Schöner W, 2006. Precipitation variability and changes in the greater alpine region over the 1800-2003 period. *Journal of Geophysical Research*, 111: doi: 10.1029/2005JD006674
- Büntgen U, Frank DC, Nievergelt D, Esper J, 2006. Summer temperature variations in the European Alps: AD 755-2004. *Journal of Climate* 19: 5606-5623
- Efthymiadis, D., P. D. Jones, K. R. Briffa, I. Auer, R. Böhm, W. Schöner, C. Frei, and J. Schmidli, 2006. Construction of a 10-min-gridded precipitation data set for the Greater Alpine Region for 1800–2003, *J. Geophys. Res.*, 111, D01105, doi:10.1029/2005JD006120
- Jones PD, New M, Parker DE, Martin S and Rigor IG, 1999: Surface air temperature and its variations over the last 150 years. *Reviews of Geophysics* 37: 173-199
- Matulla C, Auer I, Böhm R, Ungersböck M, Schöner W, Wagner S, Zorita E. 2005. Outstanding past decadal-scale climate events in the Greater Alpine Region analysed by 250 years data and model runs. *GKSS-Report* 2005/4

Adresse der Autorin:

Dr. Reinhard Böhm

Dr.ⁱⁿ Ingeborg Auer

DI Manfred Ganekind

Alexander Orlik

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Hohe Warte 38

1190 Wien

E-Mail: reinhard.boehm@zamg.ac.at, ingeborg.auer@zamg.ac.at,

manfred.ganekind@zamg.ac.at, alexander.orlik@zamg.ac.at