

EINE NEUE WEBSITE MIT INSTRUMENTELLEN QUALITÄTS- KLIMADATEN FÜR DEN GROSSRAUM ALPEN ZURÜCK BIS 1760

Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Wolfgang Schöner, Manfred Ganekind,
Christine Gruber, Anita Jurkovic, Alexander Orlik, Markus Ungersböck

1. Einleitung

Im März 2009 ging HISTALP ans Netz. Damit sind die Resultate eines jahrelangen Arbeitsschwerpunktes der Klimaforschungsgruppe des österreichischen Wetterdienstes nun leicht und ohne Einschränkung für die Allgemeinheit zugänglich. Gerade für den potenziellen Nutzerkreis der Leser dieser Zeitschrift existiert ein breites Spektrum technischer und wissenschaftlicher Anwendung für Qualitätsklimadaten, wie sie in der HISTALP-Datenbank enthalten sind. Die hier gegebene historische Darstellung des Weges von den ersten Anfängen bis zur HISTALP-Website soll den Hintergrund klarstellen und kann gleichzeitig auch als Leitfaden für die Verwendung in der Praxis dienen. Es handelt sich um eine deutschsprachige Überarbeitung des englischen Hauptnavigationstextes der Website. HISTALP ist ein internationales Produkt, sowohl von der Datenbereitstellung her, der gemeinsamen Bearbeitung in formaler und informeller Kooperation, als auch in Anbetracht des Wertes des Großraums Alpen für die internationale Forschung. „Climate knows no borders“ ist eine unserer Grundüberzeugungen – deshalb ist die Website englischsprachig. Möge dieser deutschsprachige Überblick einheimischen Benutzern das Leben erleichtern.

2. Der Beginn in den frühen 1990er Jahren

Die Idee einer grenzübergreifenden Datensammlung von instrumentellen Langzeitklimadaten für den Alpenraum und seiner weiteren Umgebung entstand in den frühen 1990ern in der damaligen Klimaabteilung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (jetzt, in der neuen Struktur, Abteilung für Klimaforschung). Zunächst wurde das vorhandene österreichische Langzeitdatenpotenzial der beiden Hauptklimaelemente Temperatur und Niederschlag aufgearbeitet (Böhm, 1992, Auer, 1993). Bereits in diesen beiden frühen Arbeiten wurden die später genauer definierten Anforderungen an eine Qualitätsdatenbasis für die Analyse der regionalen Klimavariabilität zugrunde gelegt. Derartige Daten sollen sein:

- 1) *LANG* (volle Ausnutzung der vorhandenen Potenzials an instrumentell gemessenen Klimadaten)
- 2) *DICHT* (Netzwerkdichte adäquat zur gegebenen räumlichen Variabilität des jeweiligen Klimaelements)
- 3) *QUALITÄTSGEPRÜFT* (nichtklimatologische Ausreißer entfernt und Lücken geschlossen)
- 4) *HOMOGENISIERT* (nicht-klimatologische Brüche in den Zeitreihen durch Anpassung des jeweils älteren Zustandes der Messungen an den aktuellen)
- 5) *MEHRDIMENSIONAL* (Klima ist mehr als Temperatur, also möglichst viele Klimaelemente)

6) *BENUTZERFREUNDLICH* (gute Beschreibung des Datenhintergrundes, Daten in unterschiedlicher Struktur und möglichst einfach erhältlich)

Die ersten Schritte in Richtung der oben definierten Ziele in den frühen 1990ern erfüllten bereits die Anforderungen 1, 2 und 4.

Anforderung 1 wurde durch intensive Digitalisierungsarbeit erreicht, die zu Reihen führte, die für die Temperatur (und später auch für den Luftdruck) in die zweite Hälfte des 18. Jahrhundert zurückführte, für den Niederschlag (und später auch für die Bewölkung) in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts. Dies konnte nur erreicht werden, indem vorerst lediglich Monatswerte in die Datensammlung aufgenommen wurden. Dies ermöglichte die Digitalisierung in angemessener Zeit, erbrachte wesentlich mehr vor allem frühe Daten, als es mit Tagesdaten möglich gewesen wäre und erzielte damit die nötige Netzwerkdichte zur Homogenisierung. Auf den letzten Punkt werden wir noch ausführlicher eingehen.

Anforderung 2 wurde durch die Aufarbeitung von 58 Temperatur- und 62 Niederschlagsreihen für das österreichische Staatsgebiet erfüllt.

Viel Arbeit wurde in die Homogenisierung der Reihen investiert. Es wurde erstmals in Österreich eine systematische Homogenisierung von Klimazeitreihen durchgeführt. Dafür wurden Programme entwickelt, die später zum ZAMG-System HOCLIS weiterentwickelt werden sollten - beschrieben u.a. in Peterson et al., 1998, Auer et al., 1999.

Den Punkten 3, 5 und 6 wurde in der Anfangsphase teilweise nachgekommen. Zeitreihenlücken wurden geschlossen, was die Analyse erleichtert, die Ausreißerkontrolle war nur marginal. Mit zwei Klimaelementen wurden die ersten Schritte in Richtung der Anforderung 5 getan. Auch Punkt 6 wurde teilweise erfüllt. Die beiden erwähnten Publikationen beschrieben den Datenhintergrund detailliert, die Daten wurden zunächst in zwei Arten („Modes“) aufbereitet – „original“ und „homogenisiert“. Noch in der frühen „Österreichperiode“ von HISTALP wurde für die beiden Klimaelemente ein erster „Grid-Mode“ produziert: An die 13 in Österreich liegenden geographischen Gitterpunkte im Abstand 1° Länge und Breite wurden Relativreihen interpoliert und analysiert (Auer und Böhm, 1994).

3. 1997-2001: Zusätzliche Klimaelemente – Beginn der internationalen Kooperation

Ein nationales und ein internationales Forschungsprojekt (ALOCLIM - BMWF-GZ. 308.938/3-IV/B3/96, Auer et al., 2001a and b und ALPCLIM – EU-FP4 ENV4-CT97-0639, Auer et al., 2001c) unterstützten die nächsten Schritte in Richtung HISTALP.

Die ALOCLIM-Aktivitäten erweiterten die Region durch die Miteinbeziehung von grenznahen Langzeitreihen aus der Schweiz, aus Deutschland, Tschechien, Slowakei, Ungarn und Slowenien, und für einen Kern von 22 österreichischen und 14 ausländischen Stationen konnte durch die Erweiterung auf 7 Klimaelemente erstmals der Anforderung 5 in hohem Maß nachgekommen werden. Zusätzlich zu

Temperatur und Niederschlag wurden Langzeitreihen des Luftdrucks, der Sonnenscheindauer, der Bewölkung, der relativen Feuchte und des Dampfdrucks digitalisiert und homogenisiert. Erstmals wurden auch Metadaten systematisch in den Prozess der Homogenisierung einbezogen. Die dabei in unserer Gruppe entstandene Erfahrung konnte später auch in einen technischen Leitfaden der WMO eingebracht werden (Aguilar et al., 2003).

Im EU-Projekt ALPCLIM (Environmental and climate records from high elevation alpine glaciers) war die HISTALP-Gruppe zuständig für das klimatologische Subprojekt. Das wurde dazu genutzt, für die Klimaelemente Temperatur und Niederschlag den Arbeitsbereich von dem in Abb. 1 dargestellten erstmals auf die volle „Greater Alpine Region“ (GAR) auszudehnen, die die Alpen und ihre weitere Umgebung umfasst und von 4 bis 19°E und von 43 bis 49°N reicht. Dieser Bereich hat sich bis heute als GAR erhalten und ist mit dem aktuellen Stationsnetz in Abb.2 dargestellt. Das eigentliche Forschungsziel des Klimateils von ALPCLIM war, die in den Gipfelregionen von Mont Blanc und Monte Rosa gebohrten Eiskerne mit gemessener Klimainformation zur Kalibrierung der aus stabilen Isotopen abgeleiteten indirekten Klimadaten zu unterstützen (Schöner et al., 2002). Eine erste Langzeit-Klimanalyse des gesamten Alpenraums wurde von Böhm et al., 2001 publiziert, die auch die Homogenisierung am Beispiel des Klimaelements Temperatur beschrieb.

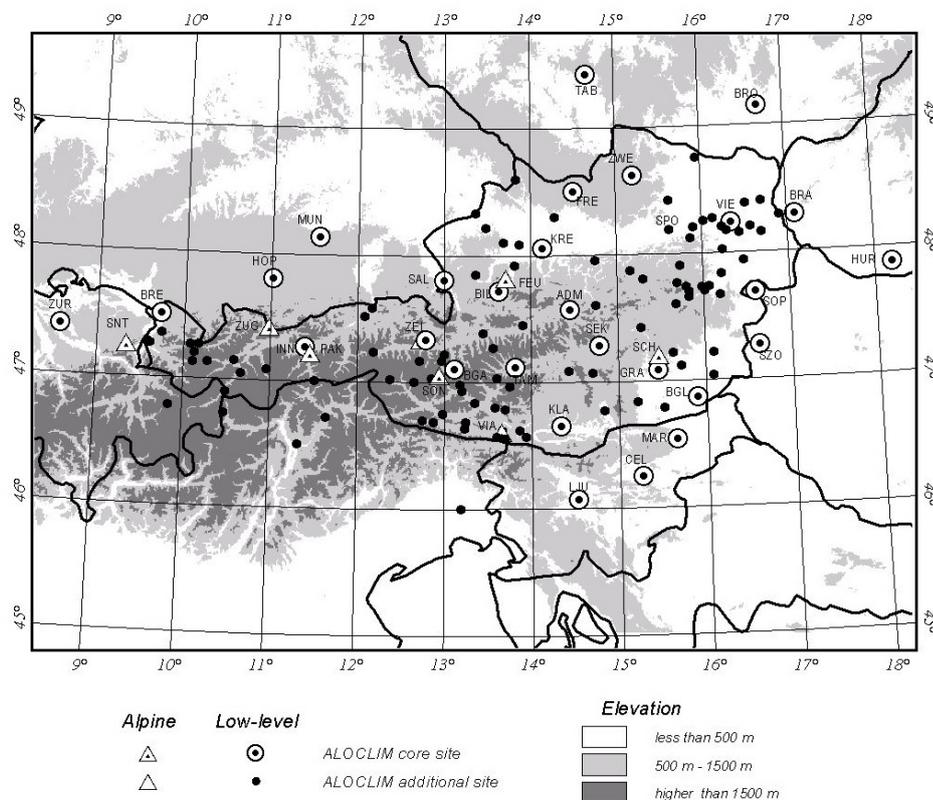


Abb. 1. Das ALOCLIM-Messnetz multipler Langzeitklimazeitreihen aus dem Jahr 2001 (Auer et al., 2001b)

4. 2002-2007: Systematische Einführung des Begriffs HISTALP

Wieder waren es vor allem zwei Forschungsprojekte, die in erster Linie dazu beitrugen, die bisher aufgelaufene Fülle von Einzelergebnissen am instrumentellen Klima des Alpenraums zu einer „offiziellen“ gemeinsamen Datenbank zusammen zu fassen und in Hinkunft „HISTALP“ zu benennen – Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region.

2002-2005 lief das österreichische FWF-Projekt CLIVALP (Climate Variability Studies in the Alpine Region, P 15076-N06) und erlaubte die Erarbeitung einer systematischen Datenbankstruktur, und einer erweiterten, gut beschriebenen und leicht zu bedienenden Programmsammlung zur Datenhandhabung, Prüfung, Homogenisierung, Outlier-Korrektur und zur Schließung von Datenlücken.

2003-2006 ermöglichte das EU-Projekt ALP-IMP (Multi-centennial climate variability in the Alps based on Instrumental data, Model simulations and Proxy data, EVK-CT-2002-00148) eine tiefere Verankerung von HISTALP in der internationalen Forschungslandschaft und eine Ergänzung durch die Erweiterung auf Modellsimulationen und auf indirekte Klimadaten (Proxies).

Beide Projekte kooperierten eng und brachten eine beachtliche „Ernte“ an Fachpublikationen sowohl im Hinblick auf Datenqualitätsfragen als auch auf Analysen dieser Daten:

Auer et al., 2007 beschreibt ausführlich den Datensatz selbst. Es wird systematisch auf die verschiedenen Datenarten (modes) eingegangen, nämlich

- „station-mode (alle Einzelreihen der in Abb. 2 sichtbaren Stationen) im Status „original“ (ori) und „homogenisiert“ (hom), für sieben verschiedene Klimaelemente,
- grid-mode-1 (Relativreihen der Temperatur, des Niederschlages und des Luftdrucks interpoliert an ein reguläres Gitternetz von 1° geographischer Länge und Breite,
- CRSM-mode (über die in Abb.2 gezeigten Unterregionen gemittelte Relativ-Zeitreihen)

Eine Reihe von Veröffentlichungen konzentrierten sich auf technische Aspekte vor allem im Bezug auf die Homogenisierung (Auer et al., 2003a, Ungersböck et al., 2003, Scheifinger et al., 2003, Böhm, 2004, Auer et al., 2004, Hiebl, 2006). Auer et al., 2005a unternahm dies exemplarisch und ausführlich für den Niederschlags-Subset. Efthymiadis et al., 2006 entwickelten für den Niederschlag einen ersten Datensatz in dem für die Zukunft als Ziel auch für andere Klimaelemente geplanten grid-mode-2, nämlich absolute Gitterpunktsdaten in hoher räumlicher Auflösung. Für den Niederschlag war dies realistisch für eine Auflösung von 1/6° geographischer Länge und Breite möglich. Van der Schrier et al., 2007 entwickelte daraus einen zweiten grid-2 Datensatz, und zwar einen des „Palmer Drought Severity Index“ (PDSI) für die GAR-Region. Beide decken den Zeitraum 1800 bis 2003 ab.

Erste klimatologische Analysen basierend auf HISTALP Daten veröffentlichten Wanner et al., 2003, Auer et al., 2003b, Böhm et al., 2003, Auer et al., 2005b, Brunetti et al., 2006, Böhm, 2006, Efthymiadis et al., 2007, Böhm and Auer, 2007. Matulla et al., 2005 unternahm eine vergleichende Analyse von HISTALP-CRSM-Reihen mit historischen Modellsimulationen, die vor allem auf die Fähigkeit globaler gekoppelter „state of the art“ Ozean-Atmosphären-Modelle abzielte, auch die interessanten Ausreißer vom Langzeittrend zu erfassen, wie etwa die kalten 1810er Jahre, die ozeanischen und niederschlagreichen 1910er, oder die heißen Sommer um 1950. Im kontinentalen Maßstab tun die Modelle das übrigens zufriedenstellen, im regionalen eher nicht.

Eine größere Zahl von Studien benutzten die neue instrumentelle Datenquelle für die Kalibrierung und/oder die Co-Analyse mit natürlichen Proxies (indirekte Klimadaten abgeleitet aus Vorgängen in der Natur) und solchen aus schriftlichen historischen Quellen („documentary proxies“). Casty et al. 2005 benutzten HISTALP Daten für eine 500-jährige Rekonstruktion von Temperatur und Niederschlag in der Region. Vincent et al., 2005, Schöner und Böhm, 2007, Zemp et al., 2006, Zemp et al., 2007 integrierten HISTALP-Klimainformation in Gletscherstudien. Bereits seit den frühen 1990er Jahren existiert eine anhaltende Tradition der Verwendung von HISTALP-Daten für Untersuchungen an alpinen Seen vor allem durch die Limnologie Gruppen der Universität Innsbruck und der ÖAW in Mondsee. Im Vordergrund des Interesses von Psenner and Schmidt, 1992, Sommaruga et al, 1997, Koinig et al, 1998a, Koinig et al, 1998b, Koinig et al, 2002 stand und steht der Einfluss des Klimas auf biologische Prozesse in Alpenseen, manche davon mit einem Potenzial zur Nutzung für Klimarekonstruktionen.

Intensiv wurden und werden HISTALP Daten von der Baumring-Forschungs-Community verwendet. Allein zwischen 2005 und 2007 wurden von Wilson et al., 2005, Nicolussi et al., 2005, Frank et al., 2005, Büntgen et al., 2005, Frank and Esper, 2005a, Frank and Esper, 2005b, Carrer and Urbinati, 2006, Büntgen et al., 2006a, Büntgen et al., 2006b, Leal et al., 2007 and Frank et al., 2007 Fragen über die Rekonstruierbarkeit des Klimas aus Baumringen behandelt, Verbesserungen und Qualitätsanalysen vorgenommen, und es entstanden Langzeit-Rekonstruktionen des Alpenklimas zurück bis mehr als 1000 Jahre vor heute.

Intensiv genutzt für inter- und transdisziplinäre Anwendungen, also für den Dialog zwischen den Fachdisziplinen und auch für den zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, wurden HISTALP Daten im ZAMG-BMWF-proVision Projekt „A tale of two valleys“ (<http://www.zamg.ac.at/a-tale-of-two-valleys>). Eines der Projektziele war, aus der Klimavergangenheit für die Zukunft zu lernen, und dabei die HISTALP-Reihen zu nutzen. Zurzeit wird an einem entsprechenden Buch gearbeitet, das die Projektergebnisse allgemein verständlich zusammenfasst. Es wird 2009 in der Reihe „alpine space – man&environment“ der „innsbruck university press“ erscheinen.

5. 2008: Update und eine erste Re-Analyse

Neben der Routine-Aktualisierung des Datensatzes wurde ein Teil des HISTALP-Temperaturdatensatzes einer tiefgreifenden Re-Analyse unterzogen, nämlich die 32 Temperaturreihen, die in der frühen Instrumentenperiode beginnen (vor den 1870ern). Erste Hinweise auf einen in dieser Zeit möglicherweise existierenden systematischen Fehler der historischen Messungen kamen von den gemeinsamen Untersuchungen an hochalpinen Baumringen, deren rekonstruierte Sommertemperaturen systematisch kühler waren, als die instrumentell gemessenen. Frank and Esper, 2005, Büntgen et al., 2006b, Frank et al., 2007 wiesen auf eine offenbar bestehende Entkopplung hin, und Hiebl, 2006 diskutierte das breiter und zwar auch unter Verwendung von historischen Modellsimulationen und von analogen Untersuchungen in Skandinavien. Als mögliche Ursache bei den instrumentellen Messdaten wurde eine ungenügende Abschirmung der Thermometer an den frühen Messstandorten diskutiert.

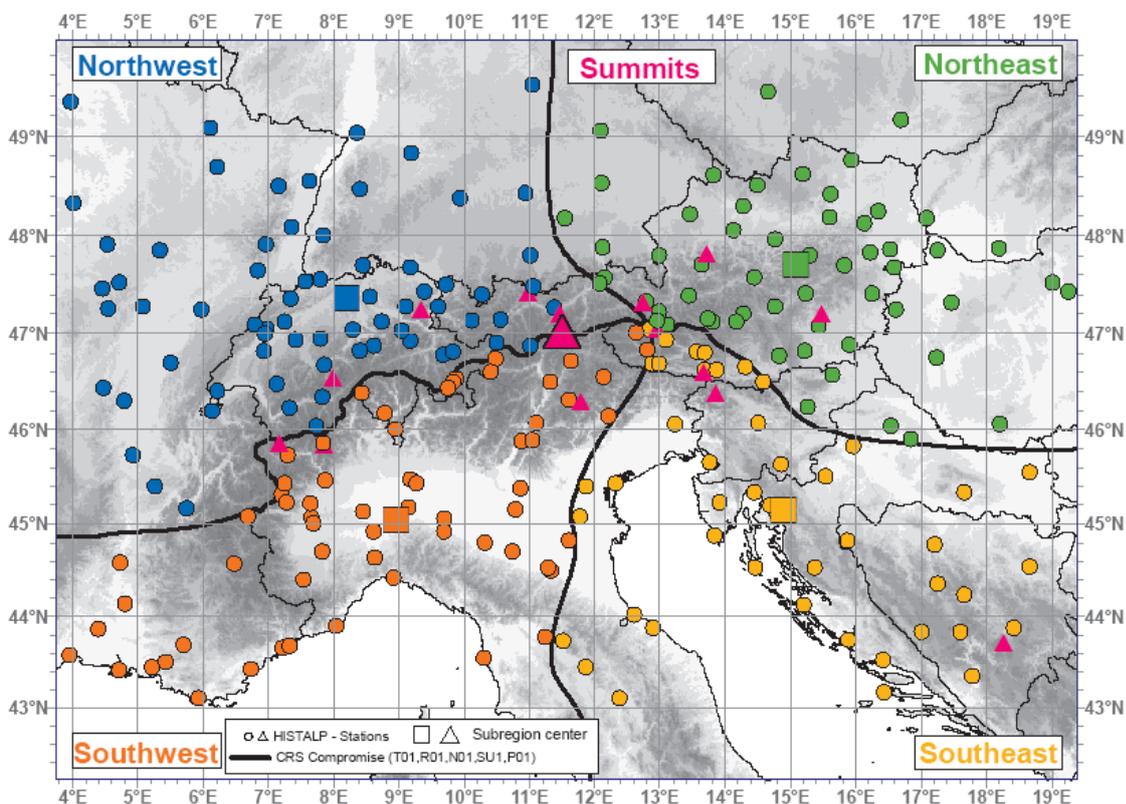


Abb. 2. Das aktuelle HISTALP-Netzwerk von ca. 200 Standorten und mehr als 500 einzelnen Klimazeitreihen. Zusätzlich ist die objektiv analysierte Regionalisierung nach Auer et al., 2007 durch unterschiedliche Farbgebung und Klima-Grenzlinien eingezeichnet

Böhm et al, 2009b schließlich verwendeten Langzeit-Parallelmessungen im Stift Kremsmünster an dem dort noch erhaltenen und aktiven historischen Messplatz - im Vergleich zur modernen automatischen Messanordnung, um daraus verallgemeinerungsfähige unterschiedliche Korrekturmodelle für diesen EIB (Early

Instrumental Bias) abzuleiten. Ein neuerliches intensives Metadatenstudium von historischen Stationsbeschreibungen der 32 Langzeitreihen ermöglichte die Anwendung dieser Korrekturmodelle auf diese wertvollen frühen instrumentellen Informationen im Großraum Alpen. Die EI-Bias-Korrektur machte die Temperaturen in der warmen Jahreszeit (April-September) im Schnitt um 0.4°C kühler und ließen die der kalten Jahreszeit (mit geringem Einfluss der Sonneneinstrahlung) weitestgehend gleich. Das verschob die Version 2008 der HISTALP Temperaturreihen zweifellos näher zur Wahrheit, und die EIB-Korrektur wurde auch in alle entsprechenden Gitterpunktsdaten hineingearbeitet.

Abb.2 zeigt das HISTALP Stationsnetz der Version 2008, zusammen mit der bereits besprochenen Regionalisierung. Diese Version steht zurzeit über die HISTALP-Website (siehe Titel dieses Beitrages) zur freien Verfügung. HISTALP wurde mit dem Jahr 2009 in das Routineprogramm der ZAMG aufgenommen und hat damit an Nachhaltigkeit gewonnen, da damit eine größere Unabhängigkeit von Zusatzfinanzierungen durch kurzfristige Forschungsprojekte gegeben ist. Es ist für die Zukunft eine regelmäßiges Update und auch eine ständige Erweiterung und Verbesserung geplant. Eine davon, die speziell für hydrologische Anwendung interessant ist, sei hier noch kurz vorgestellt.

6. Erste Schritte in Richtung Tagesdaten

Ein noch weitgehend offenes Problem auf dem Gebiet der Homogenisierung ist die Verwendung von Tages- und Subtagesdaten. Gerade diese stehen ja zurzeit sehr im Vordergrund des Interesses, da ja „der Klimawandel“ zu einer Intensivierung der extremen Ausformungen des Klimas (Wetters) führen soll. Gerade diese, meist kleinräumigen und kurzzeitigen Phänomene entziehen sich jedoch noch weitgehend einer Homogenisierung, und die wissenschaftlich saubere Behandlung vieler Fragestellungen über Trends der Extremwerte ist dadurch stark eingeschränkt. Warum das so ist, und welche Strategien dieses Defizit reduzieren sollen, sei hier als Ausblick auf die entsprechenden Pläne der „instrumentellen Klimarekonstrukteure“ besprochen und die gegenwärtigen Arbeiten daran skizziert.

Wohl die größte Diskrepanz zwischen harten wissenschaftlichen Fakten und deren Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit besteht auf dem Gebiet der extremen Ausformungen des Klimas. Unter dem allgemein akzeptierten Schlagwort „das Klima wird immer verrückter“ hat sich ein Dogma festgesetzt, das gerade bei den weichsten Fakten ansetzt, die die klimatologische Wissenschaft derzeit (noch?) zu bieten hat. Weiche Faktenlage bei den Extremwerten herrscht sowohl bei der Klimarekonstruktion der Vergangenheit, als auch bei der Klimamodellierung – in beiden Fällen begründet durch eine Tatsache, die im Kapitel 8.5.4 des Working Group 1 Reports von IPCC-2007 (Model Simulation of Extremes) so beschrieben ist:

Because most AOGCMs have coarse resolution and large-scale systematic errors, and extreme events tend to be short lived and have smaller spatial scales, it is somewhat surprising how well the models simulate the statistics of extreme events in the current climate, including the trends during the 20th century. This is especially true for the

temperature extremes, but intensity, frequency and distribution of extreme precipitation are less well simulated.

Wir haben es absichtlich beim englischen Originaltext belassen, erstens um nicht den Vorwurf der Manipulation zu ermöglichen, zweitens aber weil diese Sprache es so gut erlaubt, Zwischentöne zu formulieren. Dieses „*somewhat surprising*“ und das „*less well*“ sind schon kleine Meisterstücke. Im Original des Textes, bevor der mühsame Prozess des „peer reviewing“ durchgeführt werden musste, war noch etwas direkter von „*serious deficiencies in the simulation of precipitation*“ die Rede, und zwar „*both in the intensity and the distribution of precipitation*“.

Im Hinblick auf die Analyse eventueller Trends von Extremwerten in der Vergangenheit kommen noch zwei zusätzliche Herausforderungen dazu. Zum einen erfordern die Gesetze der Statistik lange und räumlich dichte Zeitreihen, um zu signifikanten Ergebnissen zu kommen, gerade wenn die sehr seltenen sehr starken Ausreißer das Ziel der Analyse sind. Und genau diese langen Zeitreihen erfordern als *conditio sine qua non* die sorgfältige Homogenisierung dieser Zeitreihen. Wie wir zeigen konnten (Auer et al., 2007) erfährt eine durchschnittliche Klimazeitreihe im Durchschnitt alle 20 bis 30 Jahre eine Diskontinuität (Verlegung, Instrumenten- oder Technologiewechsel, Änderung der Umgebung und zahlreiche andere Gründe), deren Stärke das eigentliche Klimasignal erreichen oder auch übertreffen kann. Und gerade für die zur Analyse von „short lived“ Extremwerten besonders benötigten Klimazeitreihen von Tageswerten (oder noch kürzerer Zeitspannen) zeigen eine zweite Besonderheit der entsprechenden Feldverteilungen: Sie dekorrelieren räumlich viel stärker, als längerfristige Mittelwerte oder Summen. Gerade das Klimatelement Niederschlag ist in dieser Hinsicht sehr empfindlich. Wie wir im Zuge des oben erwähnten ALP-IMP Projekts zeigen konnten (Scheifinger et al., 2003), dekorrelieren die räumlichen Felder der Monats- bis Jahressummen des Niederschlages in Europa zwar erst in 100 bis 150km Entfernung auf 50% gemeinsame Varianz, die der Tagessummen jedoch bereits in etwa 40km. Damit genügt die bestehende Messnetzdichte (etwa die von HISTALP) zur Homogenisierung, für die ja immer gut korrelierte Referenzreihen vorhanden sein müssen, von Monats bis Jahreswerten, sie genügt jedoch (noch) nicht zur Behandlung von längeren Tageswertreihen. Das gilt sowohl international als auch für den Alpenraum oder Österreich. Für einige Subregionen Österreichs arbeitet unsere Gruppe gerade an der Erstellung räumlich dichter Tagesreihen für das 20. Jahrhundert. Das wurde innerhalb des internationalen Projekts FORALPS begonnen, in dem sich der von der ZAMG geleitete Projektteil WP-5 u.a. mit dieser Problematik befasste.

(<http://www.zamg.ac.at/forschung/klimatologie/klimawandel/foralps/>). Auf internationaler Ebene werden derzeit im Rahmen einer COST-Aktion die theoretischen Grundlagen der Problematik systematisch untersucht (COST-action ES-0601 HOME - Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach, <http://www.homogenisation.org/>), auf nationaler Ebene unterstützt das BMWF die diesbezügliche Forschung im Rahmen interner ZAMG-Projekte. HOMDAY hat verschiedene Methoden verglichen und bewertet und HOM-OP Austria entwickelt ein

entsprechendes Programmpaket für den operationellen Gebrauch. Erste nachlesbare Ergebnisse aus diesem Bereich sind in Gruber et al., 2008, und Auer et al., 2008 zu finden.

Ein interessantes vorläufiges Ergebnis, das unsere laufenden diesbezüglichen Projekte erbracht haben bzw. gerade erbringen (Auer et al. 2008, Böhm, 2009a), ist, vor allem beim Niederschlag, der überraschend enge Zusammenhang zwischen Trends von Extremwertindizes auf Tagesbasis und den entsprechenden Trends von Mittelwerten, bis hinauf zu Jahresmitteln. Es scheint, zumindest für unsere Region, nicht so zu sein, dass Trends der Extremwerte auch in ganz andere Richtungen gehen können, als die der Mittelwerte.

7. Conclusio

Mit diesem Ausblick auf einen Teil unserer Pläne für die künftige Entwicklung von HISTALP können wir nur nochmals dazu einladen, diese nun leicht und frei benutzbare Qualitätsdatenbasis der Klimavariabilität im Großraum Alpen zu nutzen. Sollte Interesse bestehen, sowohl bei Fragen der Datenerstellung, als auch im Hinblick auf Analysen mit HISTALP Daten weiter in die Tiefe zu gehen, bietet dazu das Literaturverzeichnis Gelegenheit, das wir aus diesem Grund speziell ausführlich gestaltet haben. Sollten sich praktische Fragen über technische Probleme ergeben oder auch wissenschaftliche Vorschläge für vielleicht von uns nicht bedachte oder vorläufig noch nicht berücksichtigte Datenquellen oder Möglichkeiten der Aufbereitung, steht das HISTALP-Team zur Zusammenarbeit bereit. Es ist zurzeit mit dem Autorenteam dieser Veröffentlichung identisch.

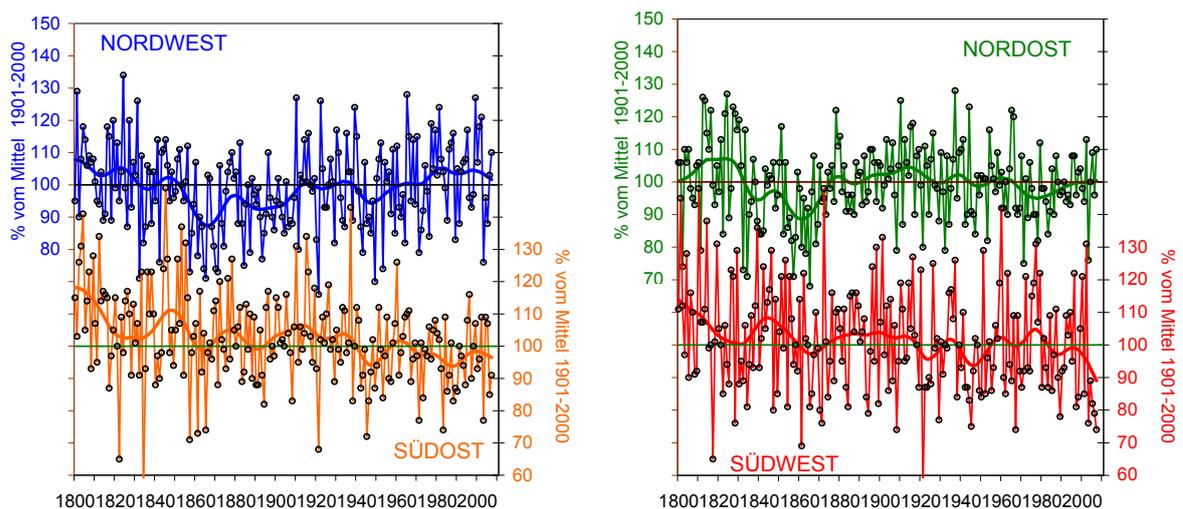


Abb. 3.: Regionale Jahressummenreihen 1800-2007 des Niederschlages im Großraum Alpen. **links:** CRS-Nordwest (blau) und CRS-Südost (orange), **rechts:** CRS-Nordost (grün) und CRS-Südwest (rot). Einzeljahre und 30-jährig geglätteter Verlauf (Gauß'scher Tiefpassfilter), Relativwerte (in Prozent des Mittels des 20. Jahrhunderts. Zur Lage der Subregionen vergleiche Abb.2

Zum Abschluss sollen in Abbildung 3 die regionalen Niederschlagszeitreihen mit ihren im Alpenraum doch recht unterschiedlichen Langzeittrends und überlagerten dekadischen Entwicklungen der potenziellen Anwender-Community im Gebiet der Hydrologie „Geschmack“ auf unsere Datensammlung machen.

8. Literatur

Aguilar E, Auer I, Brunet M, Peterson TC, Wieringa J, 2003. Guidelines on Climate Metadata and Homogenization. World Climate Programme Data and Monitoring WCDMP **53**, WMO-TD **1186**, WMO. Geneva

Auer I, 1993. Niederschlagsschwankungen in Österreich. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik* **7**: 1-73
Böhm R, 1992. Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik* **5**:1-96

Auer I, Böhm R, 1994. Combined temperature-precipitation variations in Austria during the instrumental period. *Theoretical and Applied Climatology* **49**: 1-14

Auer I, Böhm R, Schöner W, 1999. ALOCLIM – Austrian-Central European long-term climate. Creation of a multiple homogenised long-term climate dataset. In: Proceedings of the 2nd seminar for homogenisation of surface climatological data. Budapest, Nov.1998. *WCDMP* **41**, *WMO-TD* **962**: 47-71

Auer I, Böhm R, Schöner W, 2001a. Long Climatic Time Series from Austria. In: History and Climate – Memories of the Future? ed. by Jones PD, Ogilvie AEJ, Davies TD, Briffa KR. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 125-152

Auer I, Böhm R, and Schöner W, 2001b. Austrian long-term climate 1767-2000 – Multiple instrumental climate time series from Central Europe. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik*, **25**: 147 pages plus Data- and Metadata- CD

Auer I, Böhm R, and Schöner W, 2001c. Final report of EU-project ALPCLIM. Chapter 3: Instrumental Climate.

Auer I, Böhm R., Scheifinger H, Ungersböck M, Orlik A. and Jurkovic A. 2003a: Metadata and their role in homogenising. Fourth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary, 6-10 October 2003), *WCDMP* **56**, *WMO-TD* **1236**. 17-23, WMO Geneva

Auer I, R. Böhm R, Potzmann R, Ungersböck M, 2003b. Änderung der Frosthäufigkeit in Österreich. *Terra Nostra*, **2003/6**: 25-29

Auer I, Böhm R, Scheifinger H, Ungersböck M, Orlik A, Jurkovic A, 2004. Metadata and their role in homogenising. Proceedings of the Fourth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary, 6-10 October 2003), *WCDMP-No.***56**, *WMO-TD* No.**1236**: 17-23, WMO Geneva

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, 2005a. A new instrumental precipitation dataset in the greater alpine region for the period 1800-2002. *International Journal of Climatology* **25**: 139-166

Auer I, Matulla C, Böhm R, Ungersböck M, Maugeri M, Nanni T, Pastorelli R, 2005b. Sensitivity of frost occurrence to temperature variability in the European Alps. *International Journal of Climatology* **25**: 1749-1766

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, Jurkovic A, Orlik A, Böhm R, Korus E, Sulis A, Marchetti A, Manenti C, Dolinar M, Nadbath M, Vertacnik G, Vicar Z, Pavcic B, Geier G, Rossi G, Leichtfried A, Schellander H, Gabl K, Zardi D. 2008. High quality climate data for the assessment of Alpine climate, its variability and change on regional scale - Collection and analysis of historical climatological data and metadata Final Report FORALPS WP5: Meteo – Hydrological Forecast and Observations for improved Water Resource Management in the Alps WP 5 Data Set.

<http://www.zamg.ac.at/forschung/klimatologie/klimawandel/foralps/>

Böhm R, Auer I, Brunetti M, Maugeri M, Nanni T, Schöner W, 2001. Regional temperature variability in the European Alps 1760-1998 from homogenized instrumental time series. *International Journal of Climatology* **21**: 1779-1801

Böhm R, Auer I, Schöner W, Ungersböck M, Huhle C, Nanni T, Brunetti M, Maugeri M, Mercalli L, Gajic-Capka M, Zaninovic K, Szalai S, Szentimrey T, Cegnar T, Bochnicek O, Begert M, Mestre O, Moisselin JM, Müller-Westermeier G, Majstorovic Z. 2003. Der Alpine Niederschlagsdipol – ein dominierendes Schwankungsmuster der Klimavariabilität in den Scales 100 km – 100 Jahre. *Terra Nostra*, **2003/6**: 61-65

Böhm, R, 2004. Systematische Rekonstruktion von zweieinhalb Jahrhunderten instrumentellem Klima in der größeren Alpenregion – ein Statusbericht. In: Gamerith W, Messerli P, Meusburger P, Wanner H (Hrsg.) (2004): Alpenwelt – Gebirgswelten. Inseln, Brücken, Grenzen. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen zum 54. Deutscher Geographentag, Bern 2003. 28.9. bis 4.10.2003. – Heidelberg, Bern. 121-131

Böhm R, 2006. Reconstructing the climate of the 250 years of instrumental records at the northern border of the Mediterranean (the Alps). *Il Nuovo Cimento* **29C** N1 13-20

Böhm R, Auer I. 2007. 250 Jahre Klimavariabilität in den Alpen. Wiener Mitteilungen **206**: 17 – 28

Böhm R, 2009a. Klimarekonstruktion in der instrumentellen Periode – Probleme und Lösungen für den Großraum Alpen. In: Psenner R, Lackner R, Borsdorf A (eds.) Klimawandel in Österreich – Die letzten 20.000 Jahre...und ein Blick voraus. *alpine space – man & environment* **6**: 145-164

Böhm R, Jones PD, Hiebl J, Frank D, Brunetti M, Maugeri M, 2009b. The early instrumental warm-bias: a solution for long central european temperature series 1760-2007. *Climatic Change*. (special edition of the Millennium-project) accepted

- 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, Esper J, Frank D, Nicolussi K, Schmidhalter M, 2005. A 1052-year tree-ring proxy for Alpine summer temperatures. *Climate Dynamics* **25**: 141–153
- Büntgen U, Frank D, Schmidhalter M, Neuwirth B, Seifert M, Esper J, 2006a. Growth/climate response shift in a long subalpine spruce chronology. *Trees* **20**: 99–110
- Büntgen U, Frank DC, Nievergelt D, Esper J, 2006b. Summer temperature variations in the European Alps: AD 755-2004. *Journal of Climate* **19**: 5606-5623
- Carrer M, Urbinati C, 2006. Long-term change in the sensitivity of tree-ring growth to climate forcing in *Larix deciduas*. *New Phytologist* (2006) doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01703.x
- Casty C, Wanner H, Lutherbacher J, Esper J, Böhm R, 2005. Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. *International Journal of Climatology* **25**: 1855-1880
- Efthymiadis, D, Jones PD, Briffa KR, Auer I, Böhm R, Schöner W, Frei C, Schmidli J 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
- Efthymiadis D, Jones PD, Briffa K, Böhm R, Maugeri M, 2007. Influence of large-scale atmospheric circulation on climate variability in the Greater Alpine Region of Europe. *Journal of Geophysical Research* **112**: D12104, doi: 10.1029/2006JD008021
- Frank D and Esper J, 2005a. Temperature reconstructions and comparisons with instrumental data from a tree-ring network for the European Alps. *International Journal of Climatology* **25**: 1437–1454
- Frank D and Esper J, 2005b. Characterization and climate response patterns of a high-elevation, multi-species tree-ring network in the European Alps. *Dendrochronologia* **22**: 107-121
- Frank D, Wilson R, Esper J, 2005. Synchronous variability changes in Alpine temperature and tree-ring data over the past two centuries. *Boreas* **34**: 498–505
- Frank D, Büntgen U, Böhm R, Maugeri M, Esper J, 2007. Warmer early instrumental measurements versus colder reconstructed temperatures: shooting at a moving target. *Quaternary Science Reviews* **26**: 3298-3310
- Gruber C, Auer I, Jurković A 2008 Endbericht HOMDAY - Auswahl eines Verfahrens zur Homogenisierung von täglichen Klimadaten als notwendige Grundvoraussetzung zur Analyse von täglichen Klimazeitreihen in Hinblick auf „Climate Change“. 28 Seiten plus 8 Annexe
- Hiebl J, 2006. The early instrumental climate period (1760-1860) in Europe. Evidence from the Alpine region and Southern Scandinavia. Diploma thesis, Geogr Inst, University of Vienna, 103 pages
- Leal S, Melvin TM, Grabner M, Wimmer R, Briffa KR, 2007. Tree-ring growth variability in the Austrian Alps: the influence of site, altitude, tree species and climate.

- Boreas* **36**: 426-440 Koinig KA, Schmidt R, Sommaruga-Wögrath S, Tessadri R, Psenner R, 1998a. Climate change as the primary cause for pH shifts in a high alpine lake. *Water, Air, and Soil Pollution* **104**: 167–180
- Koinig KA, Sommaruga-Wögrath S, Schmidt R, Tessadri R, Psenner R, 1998b. Acidification processes in high alpine lakes. In: Haigh MJ, Krecek J, Rajjwar GS, Kilmartin MP (eds). *Headwaters: Water Resources and Soil Conservation*. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, 45-54
- Koinig K, Kamenik C, Schmidt R, Agusti-Panareda A, Appleby P, 2002. Environmental changes in an alpine lake (Gossenköllesee, Austria) over the last two centuries – the influence of air temperature on biological parameters. *Journal of Paleolimnology* **28**: 147–160
- 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**
- Nicolussi K, Kaufmann M, Patzelt G, van der Plicht J, Thurner A, 2005. Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. *Vegetation History Archaeobotany* **14**: DOI 10.1007/s00334-005-0013-y
- Peterson TC, Easterling DR, Karl TR, Groisman P, Auer I, Böhm R, Plummer N, Nicholis N, Torok S, Vincent L, Tuomenvirta H, Salinger J, Förland EJ, Hanssen-Bauer I, Alexandersson H, Jones P, Parker D, 1998. Homogeneity Adjustments of In Situ Climate Data: A Review. *International Journal of Climatology*, **18**: 1493-1517
- Psenner R, Schmidt R, 1992. Climate-driven pH control of remote alpine lakes and effects of acid deposition. *Nature* **356**: 781-783
- Scheifinger H, Böhm R, Auer I, 2003. Räumliche Dekorrelation von Klimazeitreihen unterschiedlicher zeitlicher Auflösung und ihre Bedeutung für ihre Homogenisierbarkeit und die Repräsentativität von Ergebnissen. *Terra Nostra*, **2003/6**: 375-379
- Schöner W, Auer I, Böhm R, Keck L, Wagenbach D, 2002. Spatial representativity of air temperature information from instrumental and ice core based isotope records in the European Alps. *Annals of Glaciology* **35**: 157-161
- Schöner W, Böhm R, 2007. A statistical mass balance model for reconstruction of LIA ice mass for glaciers in the European Alps. *Annals of Glaciology* **46**: 161-169
- van der Schrier G, Efthymiadis D, Briffa KR, Jones PD, 2007. European Alpine moisture variability for 1800-2003. *International Journal of Climatology* **27**: 415-427
- Sommaruga-Wögrath S, Koinig KA, Schmidt R, Sommaruga R, Tessadri R, Psenner R, 1997. Temperature effect on the acidity of remote alpine lakes. *Nature* **387**: 64-67
- Ungersböck M, Orlik A, Jurkovic A. 2003. HISTALP – eine Datenbank zur kombinierten Erfassung von historischen Klimazeitreihen und deren Metadaten. *Terra Nostra* **2003/6**: 450-452.
- Vincent C, Le Meur E, Six D, Funk M, 2005. Solving the paradox of the end of the Little Ice Age in the Alps. *Geophysical Research Abstracts* **32/9**

Wanner H, Lutherbacher J, Casty C, Böhm R, Xoplaki E, 2003. Variabilität von Temperatur und Niederschlag in den Europäischen Alpen seit 1500. In: Jeanneret F, Wastl-Walter D, Wiesmann U, Schwyn M (Hrsg.), 2003. Welt der Alpen – Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien. 61-76

Wilson, R, Frank D., Topham J., Nicolussi K, Esper, J, 2005. Spatial reconstruction of summer temperatures in Central Europe for the last 500 years using annually resolved proxy records: problems and opportunities. *Boreas* **34**: 490–497

Zemp M, Haeberli W, Hoelzle M, Paul F, 2006. Alpine glaciers to disappear within decades? *Geophysical Research Letters* **33**: L13504, doi:10.1029/2006GL026319

Zemp M, Hoelzle M, Haeberli W, 2007. Distributed modeling of the regional climatic equilibrium line altitude of glaciers in the European Alps. *Global and Planetary Change* **56**: 83-100

Korrespondenz an:

Dr. Reinhard Böhm

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Hohe Warte 38,

A-1190 Wien

Email: reinhard.boehm@zamg.ac.at

Web: <http://www.zamg.ac.at/histalp>