

Wind und Temperatur im und um den Alpenraum – Erforschung und Wandel

von Simon Tschannett

unter Mitarbeit von: Benedikt Bica, Barbara Chimani, Manfred Dorninger, Wolfgang Gepp, Christoph Lotteraner, Matthias Ratheiser, Stefan Schneider und Reinhold Steinacker

**VORARLBERGER
NATURSCHAU
20
SEITE 155 – 164
Dornbirn 2007**

Zum Autor

Geboren 1976 in Feldkirch, Studium der Meteorologie in Wien. Diplomarbeit über objektive hochaufgelöste Querschnittsanalyse zur Untersuchung von Föhn im Rheintal mit Hilfe von Radiosondendaten. Projektmitarbeiter am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien und Geschäftsführer der Weatherpark GmbH Meteorologische Forschung und Dienstleistungen.

Abstract

In the last years global change and daily weather are of increasing common interest. For this reason the Department of Meteorology and Geophysics of the University of Vienna explores weather and climate especially in the Alpine region. The innovative analysis method VERA (Vienna Enhanced Resolution Analysis, <http://www.univie.ac.at/IMG-Wien/vera>) is one main tool for a wide variety of applications in research projects in this field (<http://www.univie.ac.at/IMG-Wien/proj.htm>). First results of the climate atlas of the Department of Meteorology and Geophysics and new insights into foehn in the Alpine Rhine Valley found during the international research project MAP (www.map.meteoswiss.ch) are presented.

Keywords: VERA, foehn, bora, MAP, Rhine Valley, climate, Alpine pumping, snow line, mesoscale analysis

Zusammenfassung

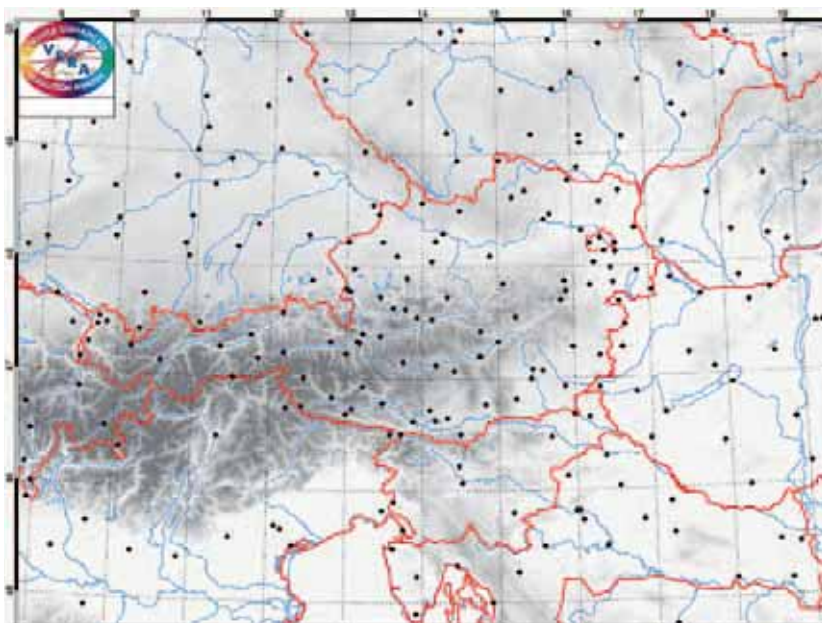
Das tägliche Wetter und der Klimawandel sind in aller Munde. Das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien untersucht deshalb das Wetter und das Klima in den Alpen mit VERA (Vienna Enhanced Resolution Analysis, <http://www.univie.ac.at/IMG-Wien/vera>), einer innovativen Analysemethode (<http://www.univie.ac.at/IMG-Wien/proj.htm>), in sehr hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Die Anwendungen sind vielfältig. Beispielhaft werden erste Ergebnisse aus dem Klimaatlas des Instituts für Meteorologie und Geophysik und neue, während des Forschungsprojektes MAP (www.map.meteoswiss.ch) gewonnene Erkenntnisse über den Föhn im Rheintal vorgestellt.



1 Einleitung

Die Atmosphäre, in der sich Wetter und Klima abspielen, ist ein räumliches und zeitliches Kontinuum. Mit Hilfe von meteorologischen und klimatologischen Stationen, die unterschiedliche Parameter wie etwa Temperatur, Druck, Wind, Feuchtigkeit und Niederschlag messen, erfassen Meteorologen ihren Zustand. Zur besseren räumlichen Darstellung dieses Zustandes werden so genannte Analysen dieser Messwerte mit Computerhilfe berechnet. Die unregelmäßig verteilten Datenwerte (Abb. 1), die an den Wetter- und Klimastationen *in situ* gemessen wurden, werden dafür auf ein regelmäßiges Gitter gebracht, weil man auch dort, wo keine Stationen vorhanden sind, sinnvolle Daten benötigt (Downscaling). In einem weiteren Schritt werden diese Daten dann graphisch abgebildet (Beispiele: <http://www.univie.ac.at/IMG-Wien/vera>).

Abb. 1: Beispielhafte Verteilung von Wetterstationen (schwarze Punkte) im Ostalpenraum und angrenzenden Ländern



Hochauflösende Analysen der bodennahen Atmosphäre über komplexem Gelände bedürfen einer besonderen Methodik. Bis vor kurzem waren die besten diesbezüglichen Produkte nur durch händische Analysen eines erfahrenen Meteorologen zu erzielen. Der immer größer werdende Zeitdruck und die zunehmenden Datenmengen erzwingen jedoch auch auf diesem Gebiet eine Automatisierung.

Seit 1995 wird deshalb am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien vor allem im Rahmen von Projekten des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) versucht, VERA (STEINACKER et al. 2000) als ein automatisiertes Analogon einer hochqualitativen Handanalyse zu entwickeln. Dies bedeutet, dass die Erfahrung eines Meteorologen durch künstliche Intelligenz ersetzt werden muss. Herkömmliche Interpolationsverfahren zur Felderzeugung eignen sich hierfür nur sehr beschränkt. Nach langwierigen Versuchen wurde für

diese Zwecke die Variationsanalyse (DALEY 1991) als das am besten geeignete Verfahren gewählt. Ein Grund dafür ist, dass sie die Einbringung von essentiellen Vorwissen, so genannten Fingerprints (STEINACKER et al. 2006), zum Downscaling in die Analyse transparent ermöglicht. Die Variationsanalyse beschreibt mathematisch ein Grundprinzip in der Natur, nämlich dass etwa eine Seifenblase immer die kleinste Fläche einnimmt und daher eine Kugelschale darstellt. Dieses Prinzip wird in abgewandelter Form bei VERA verwendet.

Neben der Herstellung von Echtzeit-Analysen verschiedenster atmosphärischer Parameter für Wetterdienst-Aufgaben wurde sehr bald das Potential erkannt, mit dem Analyseverfahren auch klimatologische Auswertungen durchzuführen. Des Weiteren ist die Erforschung von Föhn im Rheintal ein zentrales Thema bei der experimentellen Weiterentwicklung des Analysealgorithmus (CHIMANI et al. 2006).

Ein weiterer wichtiger Punkt, um sinnvolle Analysen durchführen zu können, ist die Datenqualitätskontrolle. Hierfür wurde innerhalb von VERA ein eigenes Modul entwickelt, das die meteorologischen Daten automatisch auf Fehler überprüft (STEINACKER et al. 2000).

Im nächsten Kapitel werden neueste Erkenntnisse der Föhnforschung im Alpenrheintal vorgestellt. Im darauf folgenden Kapitel werden zwei Beispiele für die klimatologische Untersuchungen des Alpenraumes im Rahmen des VERACLIM-Projektes (www.univie.ac.at/IMG-Wien/projects/veraklim/index.htm) beschrieben.

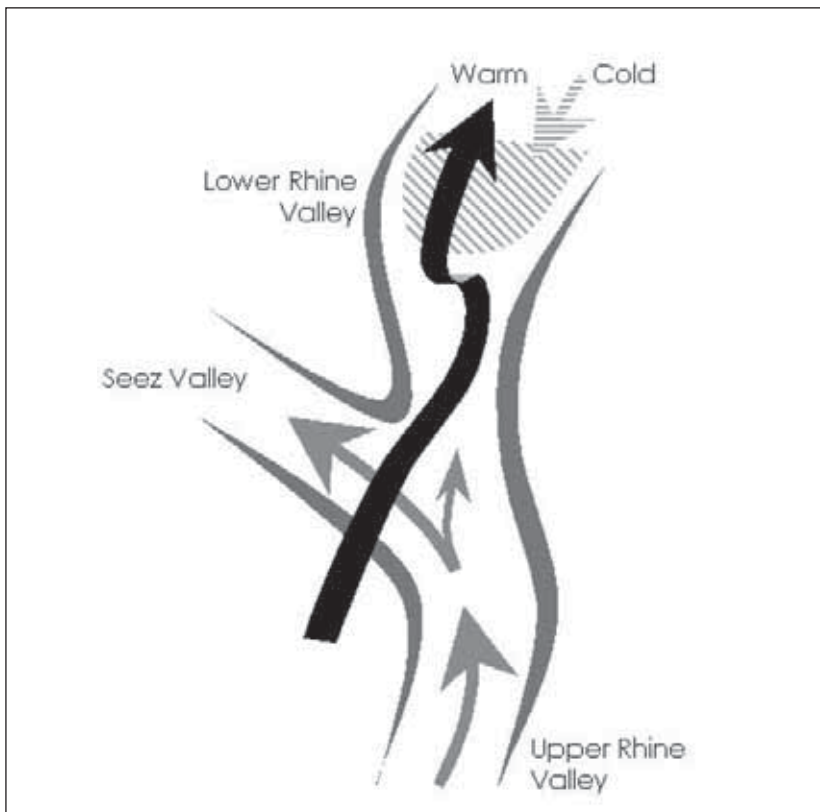
2 Erkenntnisse der Föhnforschung im Alpenrheintal

Seit Anbeginn der Föhnforschung ist es bisher nicht vollständig gelungen, umfassend und klar darzustellen, warum warme Föhnluft dem Gebirgshang folgend in die Täler absteigt. Mit einer großen Anzahl von Föhntheorien und unter Einbeziehung unterschiedlicher meteorologischer Mechanismen wird versucht, dies zu klären (Für eine Übersicht der Föhntheorien siehe z.B.: CHIMANI et al. 2006, STEINACKER 2006 und TSCHANNETT 2003). Durch die Erforschung des Föhns im Rheintal während des Mesoscale Alpine Programme (MAP, www.map.meteoswiss.ch, BOUGEAULT et al. 2001) in der FORM (FOehn in the Rhine Valley during MAP)-Gruppe (www.map.meteoswiss.ch/title.html) konnten nun neue Erkenntnisse über das Verhalten des Föhns gefunden werden (DROBINSKI et al. 2007, FLAMENT et al. 2006, RICHNER et al. 2006). Die wissenschaftlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verhältnisse im Rheintal im Vergleich zu anderen Alpentälern sehr komplex sind. Dies ist dadurch begründet, dass viele Seitentäler zum Föhn und seinen Ausprägungen beitragen. Außerdem wird die Föhnströmung an Talbiegungen durch Druckvariationen modifiziert. Darüber hinaus können atmosphärische Wellen, die bis zum Talboden reichen, starken Einfluss auf Wind-, Temperatur- und Feuchteänderung haben. Eine weitere Erkenntnis ist, dass sich seichte Föhnluft wie eine Wasserströmung verhalten kann.

Bei Föhn können über den Alpen und speziell über dem Rheintal drei Luftschichten vorkommen. Im Rheintal lagern Kaltluftseen oder Kaltluftlinsen. Relativ

kühle Luft, die über Pässe strömt, bewegt sich entlang des Tales und tritt in Interaktion mit den Kaltluftseen. Darüber befindet sich wärmere Luft. Ein schematisches Bild dazu liefert *Abbildung 2*.

Abb. 2: Schematische Darstellung des Föhns im Rheintal in der Nähe von Sargans (CH). Kalte Luft (schraffierter Bereich ganz oben, cold) lagert im Rheintal. Seichte Föhnluft strömt ähnlich wie Wasser über die Alpenpässe dem Tal entlang (helle Pfeile im Tal). Darüber weht warme Luft aus Süden, die auch in einer Wellenbewegung bis ins Tal reichen kann, über dem Rheintal (ausgezogener, dunkler Pfeil, warm) (BEFFREY et al. 2004)



Meteorologisch korrekt ist nun zu sagen: Seichter Föhn verhält sich wie eine maskierte Bora (STEINACKER 2006)!

Bora ist ein kalter Fallwind im dinarischen Gebirge. Kalte Luft ist dichter und dadurch schwerer als warme Luft und sinkt daher ab. Bei der Bora fällt die Luft regelrecht den Gebirgshang hinunter und beschleunigt dabei auf sehr hohe Geschwindigkeit. Dies äußert sich dann an der Adriaküste durch Sturm mit relativ starker Böigkeit.

Die Verhältnisse im Rheintal bei Föhn sind um einiges komplexer. Wie in *Abbildung 2* zu sehen, spielen mehrere Luftschichten, wie oben erwähnt, eine Rolle. In Bodennähe am Talgrund lagert meist relativ kalte, schwere Luft. Kommt es nun etwa durch Annäherung eines Tiefdruckgebietes aus Westen zu einem Druckunterschied über die Alpen (relativ tiefer Luftdruck im Norden, höherer Luftdruck im Süden, der mit einem «See» relativ kühler Luft am Südfuß der Alpen bis auf etwa Kammniveau verbunden ist), so beginnt relativ kühle Luft aus Süden über die Alpenpässe zu strömen. Diese kühle Luft ist kälter als die Umgebungsluft, daher auch dichter und schwerer und sinkt also ab. Beim Absinken beschleunigt diese kühle Luft und erwärmt sich durch Kompression, bleibt aber kälter als

die Umgebung. Ähnlich wie Wasser strömt diese Luft aus Süd das Tal entlang und trifft dabei auf die kalte, schwere Luft, die im Rheintal liegt. Nun kann etwa durch die hohe Windgeschwindigkeit dieser Föhnluft die kalte Luft weg «geschoben» werden. Für einen Beobachter am Talgrund erwärmt sich die Luft spürbar (daher *maskierte* Bora, die normalerweise als kalt empfunden wird), der Föhn weht böig und stürmisch im Rheintal.

Seicht heißt dieser Föhn, weil die Luft aus dem Süden der Alpen nur über die Pässe ins Rheintal strömt, nicht aber auch von noch höher über den Alpen liegenden Luftschichten. Dort kann während seichtem Föhn auch West-, oder sogar Nordwind vorherrschen.

Unter Tags unterstützt die Sonne meist das Ausräumen des Kaltluftsees. Die Energie der Sonne führt zu einer Erwärmung der bodennahen Luft, wodurch die Föhnluft leichter zum Boden durchdringen kann, weil die Luft im Kaltluftsee labiler wird. Weitere Prozesse, wie etwa die Mischung von Föhnluft und kalter Luft an der Grenze Föhn/Kaltluftsee oder das Wegfließen der kalten Luft Richtung Tiefdruckgebiet im Norden erleichtern den Föhndurchbruch.

In Untersuchungen mit experimentellen, hochauflösenden meteorologischen Computermodellen hat sich gezeigt, dass die Simulation von Föhn im Alpenrheintal *a posteriori* möglich ist. Das heißt, es ist möglich, die komplexe Situation des Föhns, gemessen mit einem extrem dichten Datennetz, in Wettermodellen zu erfassen. In Zukunft könnte somit eine genauere Vorhersage des Föhns durchführbar werden (TSCHANNETT UND FURGER 2006).

3 Klimatologische Untersuchungen des Alpenraumes mit VERACLIM

Im Rahmen des Projektes VERACLIM wurde vom Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien das Klima des Alpenraumes in den Jahren 1980 bis 2001 erstmals grenzüberschreitend untersucht. Die Betrachtung des Klimas im gesamten Alpenraum in einer bisher nicht erreichten zeitlichen und zugleich hohen räumlichen Auflösung unter Berücksichtigung der wichtigsten meteorologischen Größen war eines der Ziele von VERACLIM. Erste Auswertungen der Daten liefern interessante Ergebnisse und wurden etwa im Klimaatlas des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien dokumentiert (STEINACKER et al. 2005).

Die hohe zeitliche Dichte von Analysefeldern wurde durch die Verwendung von 3-stündigen Wetter- statt Klimadaten erreicht. Bisher war es wenig gebräuchlich, Mittelwertfelder aus unzähligen Einzelfeldern zu produzieren. Die Erzeugung von klimatologischen Feldern beruhte meist auf der Analyse von gemittelten Werten an einzelnen Beobachtungsstationen. Die Verfügbarkeit von 3-stündigen Feldern ermöglichte nun erstmals eine Stratifizierung der Daten in einer ungleich größeren Vielfalt als es durch die Bearbeitung von gemittelten Stationsdaten der Fall ist. Die hohe räumliche Dichte der Analysen wird durch die Verwendung von VERA erreicht.

Durch dieses Zusammenspiel wird es nicht nur möglich, alpenskalige und relativ kurzlebige Phänomene wie das «Alpine Pumpen» (Abb. 3 und 4) zu untersuchen, sondern auch die jahreszeitliche Änderung von Langzeittrends und den Wandel des Klimas im Alpenraum wie etwa die Änderung der Schneefallgrenze (Abb. 5) zu dokumentieren.

Abb. 3: Mittleres Stromlinienfeld im Alpenraum aller 15 UTC – Termine im Juli im Zeitraum 1980-2001 (Vektorielles Mittel aus 682 mit VERA analysierten Windfeldern). Die Länge der Windpfeile bzw. Stromlinien sind der Windgeschwindigkeit proportional

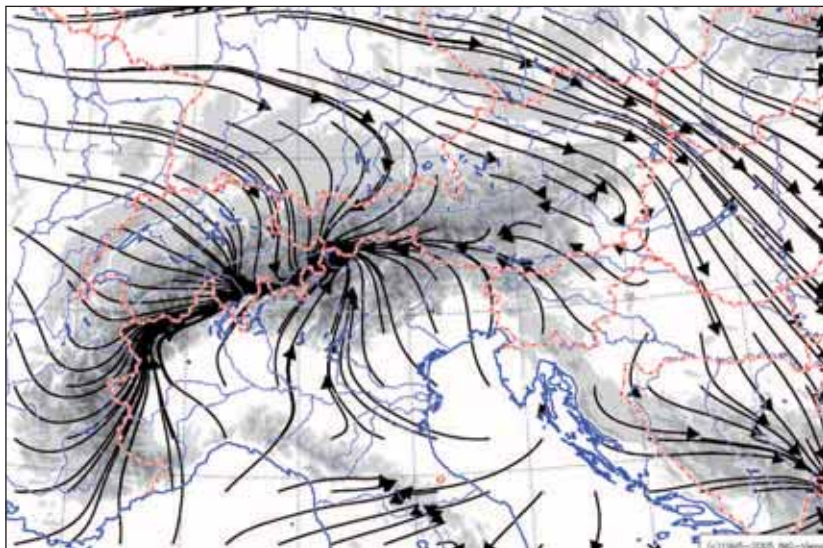
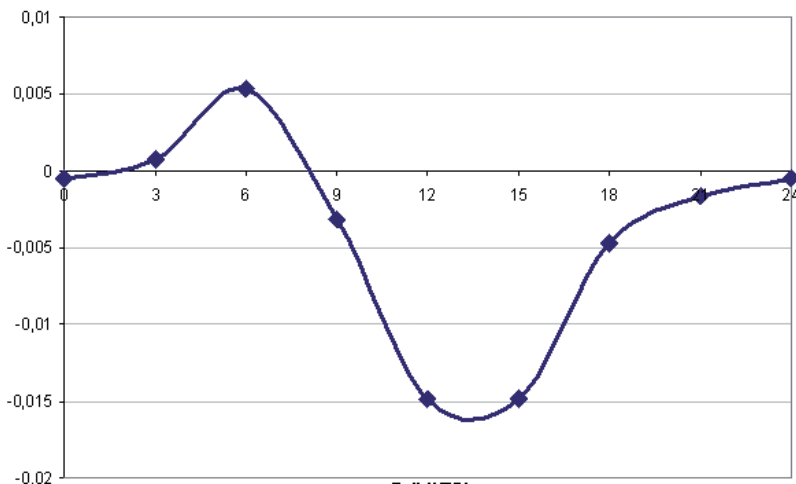


Abb. 4: Einströmen (negative mittlere Divergenz auf der y-Achse) in die und Ausströmen (positive mittlere Divergenz auf der y-Achse) aus den Alpen an einem typischen Schönwettertag (in $10^{-4}s^{-1}$). Zeit in UTC (x-Achse)



Das Phänomen des «Alpinen Pumpen» – englisch «Alpine pumping» – kann auch als «Atmen der Alpen» bezeichnet werden. Dieses Phänomen war schon mehrmals Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen (z.B.: BICA et al. 2007).

Während eines Schönwettertages erwärmt sich die Luft im Gebirge stärker als in Ebenen und kühlt während der Nacht jedoch auch stärker ab. Der Grund dafür liegt im geringeren Luftvolumen innerhalb eines gebirgigen Geländes im Vergleich zum Luftvolumen über Ebenen (STEINACKER 1984). Als Folge dieser Unterschiede ist

der Tagesgang der Lufttemperatur in Bergtälern größer als in den ebenen Niederungen (VERGEINER und DREISEITL 1987)

Die entstehende Temperaturdifferenz zwischen den Alpen und dem Umland verursacht an gradientschwachen Strahlungstagen (Schönwettertagen) Druckunterschiede. Über den Alpen entstehen während des Tages oft Hitzetiefs und in der Nacht Kältehochs.

Die entstehenden Druckunterschiede verursachen einen Wind, der während des Tages vom Umland zu den Alpen (Talwind, Abb. 3) und während der Nachtstunden von den Alpen zum Umland gerichtet ist (Bergwind). Dieses Phänomen ist bekannt als das «Alpine Pumping» oder «Alpines Pumpen», da Luft vom Umland zu den Alpen (und umgekehrt) «gepumpt» wird (LUGAUER und WINKLER 2002). «Alpines Pumpen» entwickelt sich an ca. 30% aller Tage zwischen April und September (LUGAUER et al. 2003). An einem durchschnittlichen Schönwettertag im Sommer ist das Einströmen am Tag (negative Werte) stärker als das Ausströmen in der Nacht (positive Werte) (Abb. 4).

Da es im Umland der Alpen mehrere Quellgebiete für Luftverschmutzung gibt (z.B. große Städte wie München, Wien, Mailand oder Turin), stellt das «Alpine Pumpen» ein wichtiges «Transportsystem» für verschmutzte Luft dar (z.B.: SEIBERT et al. 1998).

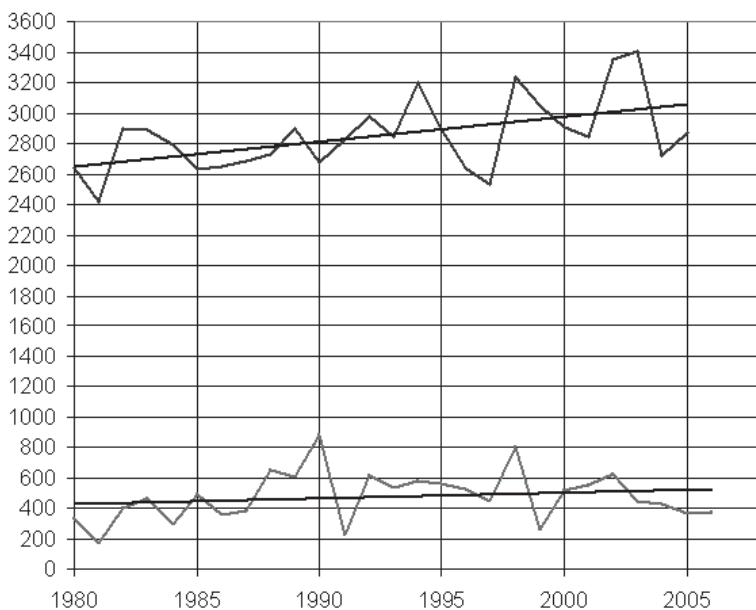


Abb. 5: Änderung der aktuellen Schneefallgrenze 1980 – 2005 in Innsbruck. Trend für den Sommer (obere Kurve) ca. +400m in 25 Jahren und für den Winter (untere Kurve) ca. +100m in 26 Jahren. Zeitachse (x-Achse) in Jahren. Höhe in m über dem Meeresspiegel auf der y-Achse

Abbildung 5 zeigt eine innovative Auswertung der aktuellen Schneefallgrenze für den Raum Innsbruck basierend auf den 3-stündigen VERACLIM Analysen. Die Schneefallgrenze wurde aus der äquivalentpotentiellen Temperatur, die ein Maß für den Energiegehalt der Atmosphäre ist, berechnet. Aktuell bedeutet, dass nur jene Fälle in diese Grafik eingingen, in denen es tatsächlich zu Niederschlag kam. Die hohe zeitliche Auflösung ist notwendig, weil die meisten Niederschlags-

ereignisse mit Fronten gekoppelt sind, die in relativ kurzer Zeit eine signifikante Luftmassenänderung bewirken können. Beide längerfristigen Trends zeigen ein Ansteigen der Schneefallgrenze an, wobei interessanterweise der stärkere Anstieg (+400m in 25 Jahren) im Sommer zu verzeichnen ist. Dies ist ein sehr starker Anstieg und bedeutet für Gletscher, dass sie je nach Höhenlage weniger Niederschlag in Form von Schnee aufnehmen.

4 Ausblick

Die Untersuchung des Föhns im Rheintal und die klimatologischen Auswertungen von VERACLIM werden in weiteren Projekten fortgesetzt. Im Projekt 4D-OMEGA-FORM (www.univie.ac.at/IMG-Wien/proj.htm) werden vierdimensionale objektive Analysen für das Rheintal entwickelt und getestet. MESOCLIM, die Fortsetzung von VERACLIM, hat die Aufgabe, den Untersuchungszeitraum auf 30 Jahre zu erweitern und mittels einer innovativen, mehrdimensionalen Analyse das Klima des Alpenraumes zu untersuchen. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind also der Anfang vieler weiterer Auswertungen und neuer Ideen.

5 Literaturverzeichnis

- BEFFREY, G., G. JAUBERT, A. DABAS (2004): Spatial evolution of foehn flows in the Rhine Valley area: quantification using high resolution simulations. *Meteorol. Z.*, 13. No.2, 77-82.
- BICA, B., T. KNABL, R. STEINACKER, M. RATHEISER, M. DORNINGER, C. LOTTERANER, S. SCHNEIDER, B. CHIMANI, W. GEPP and S. TSCHANNETT (2007): Thermally and Dynamically Induced Pressure Features over Complex Terrain from High Resolution Analyses. *J. Appl. Meteor.*, 46, No. 1, 50-65.
- BOUGEAULT, P., P. BINDER, A. BUZZI, R. DIRKS, R. HOUZE, J. KUETTNER, R. B. SMITH, R. STEINACKER and H. VOLKERT (2001): The MAP Special Observing Period. - *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82, No. 3, 433-462.
- CHIMANI, B., R. STEINACKER, C. HÄBERLI, M. DORNINGER and S. TSCHANNETT (2006): Objective Mesoscale analyses in complex terrain: application to foehn cases during MAP. *Meteorol. Z.*, 15, No.1, 117-125.
- DALEY, R. (1991): *Atmospheric Data Analysis*. Cambridge University Press, 457 S.
- DROBINSKI, P., R. STEINACKER, H. RICHNER, K. BAUMANN-STANZER, G. BEFFREY, B. BENECH, H. BERGER, B. CHIMANI, A. DABAS, B. DÜRR, C. FLAMANT, M. FRILOUD, M. FURGER, I. GRÖHN, S. GUBSER, T. GUTERMANN, C. HÄBERLI, E. HÄLLER-SCHARNHORST, G. JAUBERT, M. LOTHON, V. MITEV, U. PECHINGER, M. PIRINGER, M. RATHEISER, D. RUFFIEUX, G. SEIZ, M. SPATZIERER, S. TSCHANNETT, S. VOGT, R. WERNER, G. ZÄNGL (2007): Föhn in the Rhine Valley during MAP: Reviewing its unstationary aspects in a complex valley geometry. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 133, 897-916.

- FLAMANT, C., P. DROBINSKI, M. FURGER, B. CHIMANI, S. TSCHANNETT, R. STEINACKER, A. PROTAT, H. RICHNER, S. GUBSER and C. HÄBERLI (2006): Föhn/cold-pool interactions in the Rhine valley during MAP IOP 15. Q. J. R. Meteorol. Soc., 132, 621C, 3035-3058.
- LUGAUER, M.; P. WINKLER (2002): Alpines Pumpen - Thermische Zirkulation zwischen Alpen und bayerischem Alpenvorland. DWD-FE-Arbeitsergebnisse Nr. 72.
- LUGAUER, M., H. BERRESHEIM, U. CORSMEIER, A. DABAS, W. DYCK, S. EMEIS, J. EGGER, T. FEHR, F. FIEDLER, CH. FREUER, L. GANTNER, S. GILGE, B. HEESE, M. HORNSTEINER, H. HÖLLER, G. JAKOBI, W. JUNKERMANN, N. KALTHOFF, U. KAMINSKI, M. KIRCHNER, H. KRÄMER, P. KÖHLER, CH. KOTTMEIER, B. LUKSCH, H. OTT, CH. PLASS-DÜLMER, O. REITEBUCH, M. TAGLIAZUCCA, T. TRICKL, S. VOGT, P. WINKLER (2003): An overview of the VERTIKATOR project and results of Alpine Pumping, Extended Abstract Proc. Int. Conf. Alpine Meteorol., Brig.
- RICHNER, H., K. BAUMANN-STANZER, B. BENECH, H. BERGER, B. CHIMANI, M. DORNINGER, P. DROBINSKI, M. FURGER, S. GUBSER, T. GUTERMANN, C. HÄBERLI, E. HÄLLER, M. LOTHON, V. MITEV, D. RUFFIEUX, G. SEIZ, R. STEINACKER, S. TSCHANNETT, S. VOGT and R. WERNER (2006): Unstationary aspects of foehn in a large valley part I: operational setup, scientific objectives and analysis of the cases during the special observing period of the MAP subprogramme FORM. Meteorol. Atmos. Phys. 92, 3-4, 255-284. DOI: 10.1007/s00703-005-0134-y
- SEIBERT, P., H. KROMP-KOLB, A. KASPER, M. KALINA, H. PUXBAUM, D. T. JOST, M. SCHWIKOWSKI (1998): Transport of polluted boundary layer air from the Po Valley to high-Alpine sites. Atmos. Environ., 32, 23, 3953-3965.
- STEINACKER, R. (1984): Area-height distribution of a valley and its relation to the valley wind, Beitr.Phys. Atmos., 57, 64-71.
- STEINACKER, R. (2006): Alpiner Föhn – eine neue Strophe zu einem alten Lied. promet, 32, Nr. 1/2, 3-10.
- STEINACKER, R., CH. HÄBERLI, W. PÖTTSCHACHER (2000): A transparent method for the analysis and quality evaluation of irregularly distributed and noisy observational data, Monthly Weather Review, 128, No.7., 2303-2316.
- STEINACKER, R., B. BICA, C. LOTTERANER, M. SUKLITSCH (2005): Mittelkarten der Temperatur der Niederungen. Eine klimatologische Auswertung im Alpenraum. Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, Wien, 53 S. + CD
- STEINACKER, R., M. RATHEISER, B. BICA, B. CHIMANI, M. DORNINGER, W. GEPP, C. LOTTERANER, S. SCHNEIDER and S. TSCHANNETT (2006): A mesoscale data analysis and downscaling method over complex terrain. Mon. Wea. Rev., 134, No. 10, 2758-2771.
- TSCHANNETT, S. (2003): Objektive hochaufgelöste Querschnittsanalyse. Diplomarbeit. Institut für Meteorologie und Geophysik. Universität Wien, unveröffentlicht.
- TSCHANNETT, S., M. FURGER (2006): FORM - Ideas for future Foehn Research. Bull. Amer. Meteor. Soc, 87, No. 8, 1091-1093.
- VERGEINER, I., E. DREISEITL (1987): Valley winds and slope winds - observations and elementary thoughts. Meteor. Atmos. Phys., 36, 264-286.

Anschrift des Autors

Mag. Simon Tschannett
Institut für Meteorologie und Geophysik
Universität Wien
Althanstrasse 14
A-1090 Wien