

# Interannual climate variability in the European and Alpine region

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Scherrer, Simon

**Publication date:**

2006

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005133273>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 16338

# Interannual climate variability in the European and Alpine region

A dissertation submitted to the  
Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by  
Simon Christian Scherrer  
Dipl. Natw. ETH

born March 12, 1977  
citizen of Mosnang (SG) and Sirmach (TG), Switzerland

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Christoph Schär, examiner  
PD Dr. Christof Appenzeller, co-examiner  
Prof. Dr. David B. Stephenson, co-examiner

2006

# Abstract

The present PhD dissertation examines climate variability in the European and Alpine regions. Measurements from the high-density climatological snow-, precipitation- and temperature networks are used to analyze local climate variability. Large-scale climate data sets are explored to characterise the continental-scale climate and to elucidate the connection between local and large-scale climate variability. The main purpose of the thesis is to improve our knowledge of variability in the climate system. Possible implications from ongoing and future climate change are also discussed. The main body of the thesis is composed of five publications in peer-reviewed journals.

Chapters 2 and 3 investigate variability and trends in Swiss Alpine snow pack and the links to local climate variability and large-scale circulation. In the late 20<sup>th</sup> century, significant decreases in snow days have been observed for low-altitude stations. Simple statistical modelling shows that these trends can be mainly attributed to increases in temperature. The seasonal mean precipitation influence on trends is small. The North Atlantic Oscillation (NAO), as the major mode of large scale circulation variability over Europe, is found to be important in explaining the observed snow day trends, but not in explaining the large interannual snow day variability. The latter is primarily related to a flow anomaly pattern centred over south-eastern Europe – resembling the so called Euro-Atlantic atmospheric blocking pattern.

Swiss snow pack variability can be decomposed into three well separated patterns of variability. The leading pattern shows comparatively small geographical variations explaining roughly 50% of total interannual variability. The second pattern distinguishes between the northern and southern slope of the Alps. It explains about 15% of total variability. The third pattern shows large loadings in the lowlands, explains approximately 8% of total variability, and is height dependent. It is shown that the relation to temperature and precipitation depends on the specific snow parameter considered. Variability in seasonally averaged snow parameters that are determined by the conditions during snow accumulation only (e.g. new snow sums) is primarily related to local precipitation variability. Variability in parameters that are influenced by accumulation and ablation processes (e.g. average snow height and snow days) is related more to temperature or both temperature and precipitation variability.

In Chapter 4, three new two-dimensional atmospheric blocking indicators are used to analyse the statistical relationship between the leading climate patterns of mid-tropospheric flow and atmospheric blocking over the Euro-Atlantic region during winter. The results indicate that the blocking-NAO relation is not restricted to the North Atlantic region where blocking and the NAO are known to be out of phase. The positive NAO phase is characterised by an enhanced occurrence of blocking-type high-pressure systems over the European

mainland. An extension to the second to fourth pattern of mid-tropospheric flow variability reveals that the clearest separation between positive (negative) phases and blocking (no-blocking) situations is found for the second and third pattern and is associated with changes from zonal to ridge-like flow.

Chapters 5 and 6 investigate problems with standard variables of climate monitoring in a nonstationary climate, and the question whether temperature variability has already changed or how it could change in the future. Beside observed temperature data, temperature projections from several climate models participating in the Intergovernmental Panel on Climate Change assessment are used to address this issue over continental Europe. It is shown that since 1990 the probability to observe a positive temperature anomaly with respect to the 1961–1990 normal increased from 50% to about 80% for certain months of the year. This change is statistically significant for seven out of the twelve months. The strongest standardized temperature changes in mean are found for the summer season, both in observations and climate models, whereas observed temperatures in fall do not show any trends. Very similar results are found throughout continental Europe. Estimates for variability changes in recent observations show a weak increase (decrease) in summer (winter), but these changes are not statistically significant at the 90% level. For the 21<sup>st</sup> century all climate scenario runs suggest large relative increases in mean for all seasons with maximum amplitude in summer. Although changes in relative variability vary substantially between the models, there is a tendency for increasing (decreasing) variability in future summers (winters).

# Zusammenfassung

Die vorliegende Doktorarbeit untersucht Aspekte der Klimavariabilität in Europa und in den Alpen. Klimatologische Schnee-, Niederschlags- und Temperaturmessungen des hochaufgelösten Beobachtungsnetzes werden benutzt um die lokale Klimavariabilität zu untersuchen. Grossskalige Klimadatensätze werden analysiert, um das kontinentalskalige Klima zu charakterisieren sowie die Beziehung zwischen lokaler und grossräumiger Klimavariabilität herauszuarbeiten. Das Hauptziel dieser Arbeit ist unser Wissen über die Klimavariabilität im Klimasystem zu verbessern. Weiter werden heutige und mögliche zukünftige Auswirkungen von der sich bereits im Gange befindlichen Klimaänderung diskutiert. Der Hauptteil der Arbeit besteht aus fünf Publikationen in begutachteten Zeitschriften.

Kapitel 2 und 3 untersuchen die Variabilität und Trends der alpinen Schweizer Schneedecke und deren Beziehung zur lokalen Klimavariabilität und grossskaligen Strömung. Gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurden speziell an tiefliegenden Stationen signifikante Abnahmen der Schneetage beobachtet. Einfache statistische Modelle zeigen, dass diese Trends vorwiegend den zunehmenden Temperaturen zugeschrieben werden können. Der Einfluss saisonal gemittelter Niederschläge auf die Schneetagetrends ist klein. Die nordatlantische Oszillation (NAO), das wichtigste Muster der grossskaligen Zirkulation in Europa, ist wichtig um die beobachteten Trends in den Schneetagen zu erklären. Allerdings kann die NAO keinen grossen Anteil der Jahr zu Jahr Variabilität erklären. Letztere geht primär mit einem dynamischen Anomaliepattern einher, welches über Südosteuropa zentriert ist und dem so genannten Euro-Atlantischen atmosphärischen Blockingmuster ähnelt.

Die Schweizer Schneevariabilität kann in drei gut voneinander abgegrenzte Muster zerlegt werden. Das wichtigste Muster zeigt kleine geografische Unterschiede und erklärt ungefähr 50% der Jahr zu Jahr Variabilität. Das zweite Muster zeigt Unterschiede zwischen dem Alpennord- und Alpensüdhang auf. Es erklärt etwa 15% der Gesamtvariabilität. Das drittwichtigste Muster ist vor allem in tiefen Lagen mitbestimmend, erklärt rund 8% der Gesamtvariabilität und ist höhenabhängig. Die Beziehung des Schnees zu Temperatur und Niederschlag ist stark von der Art des Schneeparameters abhängig. Die Variabilität von saisonal gemittelten Schneeparametern, die nur von den meteorologischen Bedingungen während der Schneekakkumulation abhängen (z.B. Neuschneesummen), korreliert sehr gut mit saisonal gemitteltem Niederschlag. Die Variabilität von Grössen, die von Schneekakkumulation und Ablation bestimmt werden (z.B. Schneehöhe und Schneetage), korrelieren gut mit saisonaler Temperatur oder der Kombination von Temperatur und Niederschlag.

In Kapitel 4 der Arbeit werden drei neue zweidimensionale atmosphärische Blockingindikatoren benutzt, um die statische Beziehung zwischen den wichtigsten Klimadruckmustern und atmosphärischem Blocking im Euro-Atlantischen Raum im Winter zu untersuchen. Die Resultate zeigen, dass sich die NAO-Blocking Beziehung nicht auf die nordatlan-

tische Region beschränkt, wo bekannt ist, dass Blocking und die NAO ausser Phase sind. Positive NAO Phasen gehen mit einer erhöhten Anzahl an blockingähnlichen stabilen Hochdrucklagen über dem Europäischen Festland einher. Die Erweiterung der Analyse auf das zweite bis vierte Muster der mitteltroposphärischen Strömungsvariabilität zeigt die klarste Trennung zwischen positiven (negativen) blockierten (nicht blockierten) Phasen und dem zweiten und dritten Muster, welche sich beide durch einen Wechsel von zonaler zu blockierter Strömung auszeichnen.

Kapitel 5 und 6 untersuchen Probleme im Zusammenhang mit Standardvariablen der Klimaüberwachung im nichtstationären Klima. Es wird der Frage nachgegangen, ob die Temperaturvariabilität in den Beobachtungen schon zugenommen hat, bzw. sich in Zukunft verändern könnte. Neben gemessenen Stationsdaten werden dazu auch Temperaturszenarien von mehreren am "Intergovernmental Panel on Climate Change" Prozess teilnehmenden globalen Zirkulationsmodellen verwendet. Es zeigt sich, dass seit 1990 die Wahrscheinlichkeit einer positiven Temperaturanomale, berechnet auf Basis der 1961–1990 Normalwerte, in einigen Monaten des Jahres von 50% auf gegen 80% angestiegen ist. Diese Änderung ist statistisch signifikant für sieben der zwölf Monate. Sowohl in den Beobachtungen, wie auch in den Modellen, wird der stärkste standardisierte Temperaturanstieg im Sommer gefunden. Im Herbst gibt es keine klaren Trends. Sehr ähnliche Resultate werden für Kontinentaleuropa gefunden. Schätzungen für Änderungen der Variabilität in den letzten Jahrzehnten zeigen eine schwache Zunahme (Abnahme) im Sommer (Winter), die allerdings auf dem 90% Niveau nicht signifikant sind. Für das 21. Jahrhundert zeigen alle Klimaszenarien für alle Jahreszeiten grosse relative Zunahmen im Mittel. Die stärkste Zunahme wird für den Sommer gefunden. Obwohl die relative Variabilität von Modell zu Modell stark schwankt, gibt es eine Tendenz für zunehmende (abnehmende) Temperaturvariabilität in zukünftigen Sommern (Wintern).