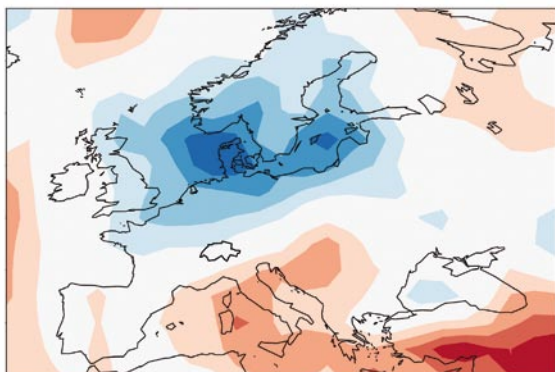




Klimavariabilität heute und morgen: Forschung der MeteoSchweiz zum NCCR Climate II

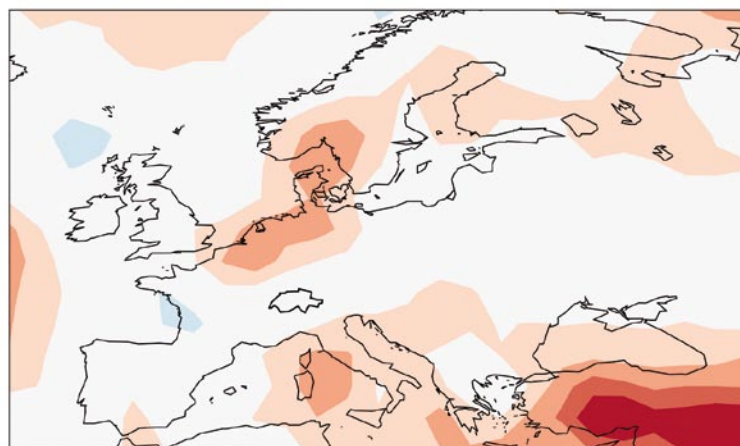
Für die Gesellschaft und viele Wirtschaftszweige wird es immer wichtiger, Wetter- und Klimarisiken zuverlässig einzuschätzen. Im Zentrum des Beitrags der MeteoSchweiz zum nationalen Forschungsschwerpunkt Klima (NCCR Climate) stehen daher Klimavariabilität und ihre Vorhersagbarkeit. Themen wie die Verbesserung von Monatsvorhersagen und saisonalen Vorhersagen, neue Methoden für Starkniederschlagsvorhersagen, das Schadenpotential europäischer Winterstürme sowie die Zusammenhänge zwischen grossräumigen Zirkulationsmustern und regionalen Wetterparametern wie Temperatur, Schnee und phänologischen Phasen wurden erforscht. Mit diesen Arbeiten unterstützt MeteoSchweiz einerseits ihre Kunden darin, besser mit Wetter- und Klimarisiken umzugehen; andererseits ist so ein Beitrag zur aktuellen Klimaforschung entstanden.



▶ **Abb. 1:** Qualität von saisonalen Sommervorhersagen für die Temperatur in Europa von 1987-2007. Blaue und weisse Gebiete: kein Vorhersagewert; rote Gebiete: guter Vorhersagewert.

▶ **rechts:** Rekalibrierte saisonale Vorhersagen

▼ **unten:** Saisonale Vorhersagen



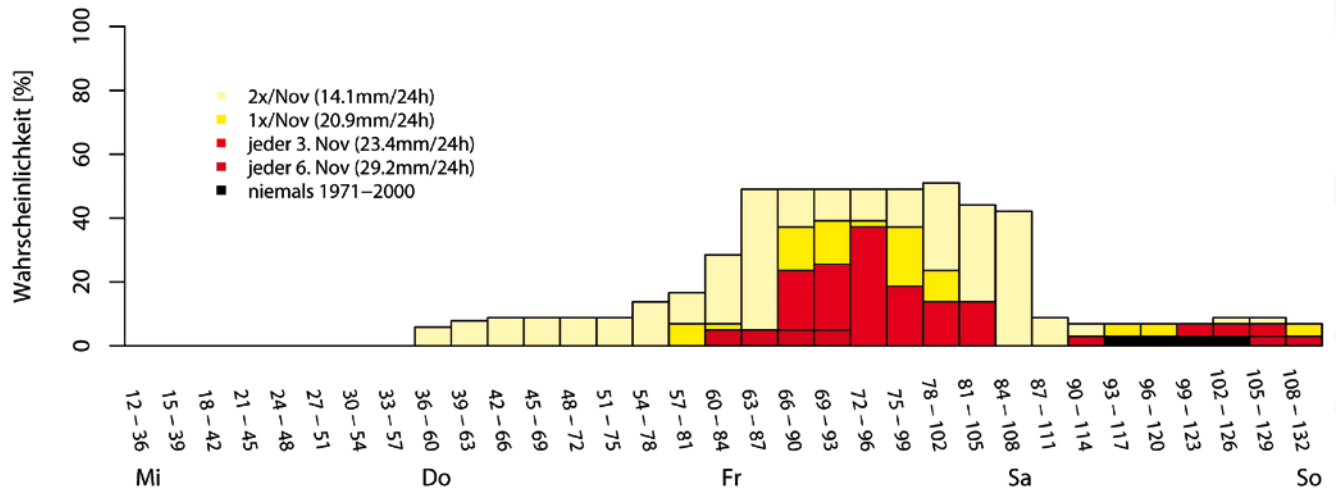
Langfristvorhersagen

Aussagen über die jahreszeitliche Entwicklung des Klimas sind wichtige Grundlagen für die Wirtschaft, um ihre Wetter- und Klimarisiken effizient zu managen. KlimatologInnen der MeteoSchweiz untersuchten daher saisonale Vorhersagen vom Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW). Bisher zeigen diese Vorhersagen deutliche Einschränkungen. Ihre Güte hängt sehr stark von der Region, der Jahreszeit, dem Vorhersagezeitraum und der meteorologischen Grösse ab. So ist beispielsweise die europäische Sommertemperatur lediglich im Mittelmeer-raum gut vorhersagbar (Abb. 1 unten) (Weigel et al. 2007a, b). Die saisonalen Prognosen erfassen zudem die Klimaerwärmung zu wenig (Liniger et al. 2007). Oftmals werden auch die Unsicherheiten der Vorhersagen unterschätzt.

Multimodelle ermöglichen es nun, die saisonalen Vorhersagen deutlich zu verbessern. Dazu kombinieren die WissenschaftlerInnen die Vorhersagen von möglichst vielen unterschiedlichen Modellen zu einem Superensemble. Dies reduziert, durch eine Art Fehlerkompensation, die Vorhersageunsicherheiten und verbessert damit die Prognosen (Weigel et al. 2008a).

Eine zweite Möglichkeit, die saisonalen Vorhersagen zu verbessern, ist die Rekalibrierung. Dabei werden aus vergangenen Vorhersagen Korrekturfaktoren bestimmt (Weigel et al. 2009). Zusätzlich werden damit systematische Fehler eliminiert. Gerade in Europa, wo die Vorhersagegüte sehr beschränkt ist, werden damit bessere Ergebnisse erzielt (Abb. 1 rechts).





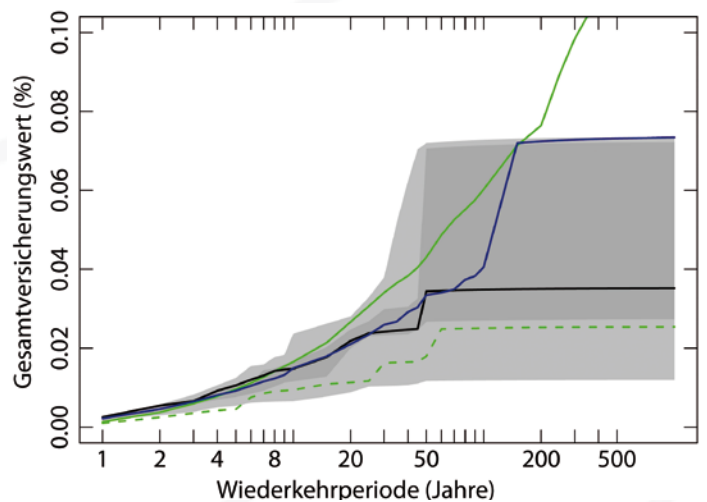
Neben den saisonalen Prognosen untersuchten die ForscherInnen der MeteoSchweiz auch sogenannte Monatsvorhersagen, welche die nächsten zwei bis vier Wochen abdecken. Sie zeigen in Mitteleuropa eine deutlich bessere Vorhersagegüte als saisonale Prognosen, und besitzen damit ein wesentlich höheres Anwendungspotenzial in dieser Region (Baggenstos 2007, Weigel et al. 2008b).

Warnungen vor seltenen Wetterereignissen

Seltene und extreme Wetterereignisse rückten mit den grossen Unwettern der vergangenen Jahre noch stärker ins Zentrum des öffentlichen Interesses. Mit Hilfe von klimatologischen Ansätzen lässt sich auch die Vorhersage solcher Ereignisse verbessern (Fundel et al. 2009). MeteoSchweiz hat dazu Prognosen des Ensemblevorhersage-Systems COSMO-LEPS (Montani et al 2003) rückwirkend über 30 Jahre gerechnet und diese für eine Kalibrierung verwendet. Automatische Warnungen können damit bis zu 24h früher erstellt werden. Warnsysteme wie z.B. die Internetplattform im Projekt MAP D-PHASE (Rotach et al. 2009) haben diese Vorhersagen bereits verwendet (Abb. 2).

Abb. 2: Warngramm für eine 5½ Tage COSMO-LEPS Vorhersage von 24h Niederschlagssummen. Die Farben kennzeichnen die Seltenheit der Ereignisse, die Höhe der Balken gibt die Eintrittswahrscheinlichkeit an.

Abb. 3: Potentielle Sturmschäden, berechnet mit konventionellen Ansätzen (grün), aufgrund von Beobachtungen (schwarz) und mit der neuen Methode (blau und der grauen Unsicherheitsfläche).



Häufigkeit und Schäden von Winterstürmen in Europa

Winterstürme über Europa bergen ein hohes Schadenrisiko für die Gesellschaft und so auch für Rückversicherungen wie die Swiss Re. Um das Risiko einzuschätzen, kombinierte Swiss Re bisher ihr Schadensmodell mit historischen Stürmen. Häufig fehlen jedoch qualitativ hochwertige Winddaten. Ein gemeinsames Projekt von Swiss Re und MeteoSchweiz nutzte deshalb saisonale Vorhersagen, um einen künstlichen Datensatz von über 300 Jahren des heutigen Winterklimas zu erstellen (Della-Marta

2008, 2009). Der neu entwickelte Datensatz wurde mit dem Schadensmodell der Swiss Re verbunden und potentielle Schäden berechnet. Während für kurze Wiederkehrperioden die berechneten Schäden für alle Methoden gut übereinstimmen, nehmen die Abweichungen mit der Seltenheit des Ereignisses stark zu (Abb. 3). Gerade für die Bestimmung extremer Schäden und deren Unsicherheit ist es also wichtig, den neu entwickelten künstlichen Datensatz und alternative Methoden zu berücksichtigen.

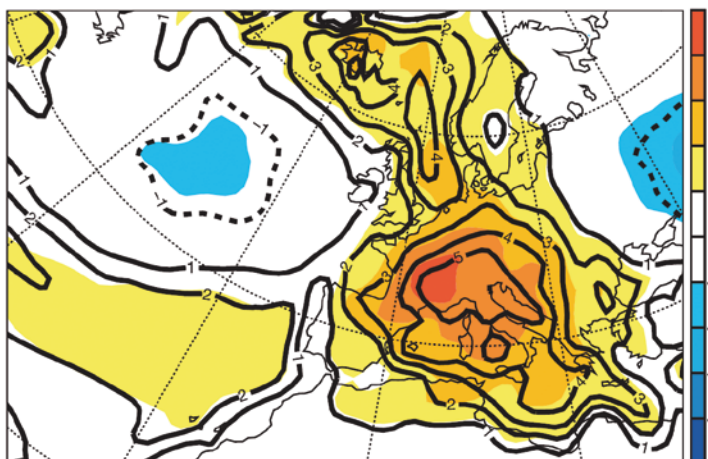


Abb. 4:
Hitzesommer 2003:
Positive Temperaturanomalie (°C) über Europa. Die Temperaturen liegen bis zu vier Grad über dem Mittel der Normperiode (1961–1990).

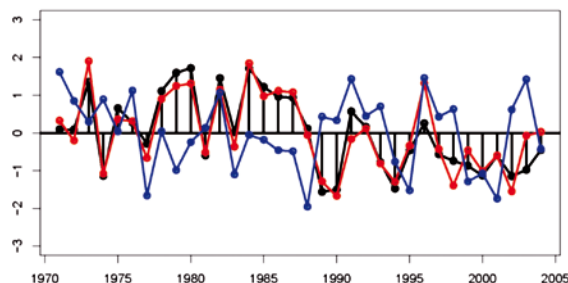


Abb. 5:
Zeitreihen für den Frühlingsbeginn im gesamten Alpenraum aus der Phänologie (schwarz), aus Temperaturen (rot) und Niederschlagssummen (blau). Hohe Werte entsprechen einem späten Frühlingsbeginn.

Temperatur und Schnee im Schweizer Alpenraum

Schnee und Temperatur sind im Zuge der Klimaänderung und gerade in der Schweiz wichtige Klimaparameter. Unsere Analysen zeigen, dass die Schneemengen im Winter unterhalb 1300 m.ü.M. seit den späten 1980er Jahren deutlich abnehmen und die Schneeverhältnisse eng mit der vorherrschenden Strömungsrichtung und der Lage von Drucksystemen zusammenhängen (Scherrer et al. 2006). Eine Zusammenarbeit mit anderen Forschenden im NCCR Climate zeigte, dass in den letzten Jahren sowohl die saisonale wie auch die Monatstemperatur mehrere grossräumige Langzeitrekorde erreichte (Abb. 4, Schär et al. 2004, Luterbacher et al. 2007). Besonders im Sommer zeigen sowohl die Beobachtungen als auch die Modellläufe einen dominanten Temperaturanstieg sowie eine leichte Zunahme von Jahr-zu-Jahr-Schwankungen (Scherrer et al. 2008). Die hohe Konsistenz zwischen Beobachtungen und Klimaszenarien schafft eine gute Grundlage, um die Klimaänderung in der Schweiz detailliert zu untersuchen.

Phänologische Beobachtungen

In vielen biologischen Systemen lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels erkennen und zurückverfolgen. Die jahreszeitlichen Entwicklungsstufen von Pflanzen (Phänologie) sind aufgrund der vielen systematischen Beobachtungen im Alpenraum ein idealer Indikator, um Veränderungen in der Umwelt nachzuweisen. Ein aus phänologischen Daten verschiedener Pflanzen im grösseren Alpenraum erstellter Index (1971–2004) zeigt die räumlichen Muster und ihre Beziehung zum Klimawandel auf (Meier, 2009). Die WissenschaftlerInnen der MeteoSchweiz haben dazu die Beobachtungen mit täglichen Temperatur- und Niederschlagsdaten verglichen. Es zeigt sich, dass die Temperatur und nicht der Niederschlag der limitierende Faktor ist (Abb. 5). Ein Vergleich phänologischer Beobachtungen mit Satellitendaten über mehrere Jahrzehnte zeigt eine gute Übereinstimmung, auch für das komplexe Gelände der Schweiz (Studer et al, 2007). Satelliten ermöglichen also potentiell eine grossräumige, kontinuierliche Beobachtung.



Ausblick

MeteoSchweiz wird ihre eigene Forschung, wie auch ihre Zusammenarbeit mit den Hochschulen und Universitäten im Rahmen der dritten Phase des nationalen NCCR Climate und dem Center for Climate Systems Modeling (C2SM) verstärken. Das C2SM ist das neu gegründete wissenschaftliche Netzwerk der ETH Zürich, der MeteoSchweiz, der Empa und der ART, welches sich mit der

Modellierung des Klimasystems beschäftigt. Zwei zukünftige Forschungsschwerpunkte an der MeteoSchweiz beinhalten die Entwicklung von nationalen Klimaszenarien aus Multimodellen, sowie von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Klimadaten. Diese Daten werden im Alpenraum Anwendungen in der Hydrologie oder der Landwirtschaft auf eine umfassende Art ermöglichen.



Referenzen

Baggenstos, D. 2007:

Probabilistic verification of operational monthly temperature forecasts. Veröffentlichung der MeteoSchweiz, 76, 52 pp.

Della-Marta, P. M., Mathis, H., Frei, C., Liniger, M. A., Appenzeller, C. 2007:

Extreme Wind Storms over Europe: Statistical Analyses of ERA-40. Arbeitsbericht der MeteoSchweiz, 216, 79 pp.

Della-Marta, P. M., Mathis, H., Frei, C., Liniger, M. A., Kleinn, J. and Appenzeller, C. 2008:

The return period of wind storms over Europe. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.1794.

Della-Marta, P. M., Liniger, M. A., Appenzeller, C., Bresch, D. N., Köllner-Heck, P., Mucicione, V. 2009:

Improved estimates of the European winter wind storm climate and the risk of reinsurance loss, submitted.

Fundel, F., Liniger M. A., Appenzeller C., Walser A. and Frei C. 2009:

Calibrated Warnings of Precipitation Events over Switzerland Using COSMO-LEPS Reforecasts, in prep.

Liniger, M. A., Mathis H., Appenzeller, C. and Doblas-Reyes, F. J. 2007:

Realistic Greenhouse Gas Forcing and Seasonal Forecasts. Geophys. Res. Lett., 34 L04705.

Luterbacher, J., Liniger, M. A., Menzel, A., Estrella, N., Della-Marta, P. M., Pfister, C., Rutishauser, T. and Xoplaki, E. 2007:

Exceptional European warmth of autumn 2006 and winter 2007: Historical context, the underlying dynamics, and its phenological impacts. Geophys. Res. Lett., 34 L12704.

Meier, N. 2009:

Phänologische Muster und ihre Beziehung zum Klimawandel im grösseren Alpenraum, in prep.

Rotach, M. et al. 2009:

MAP D-PHASE: Real-time Demonstration of Weather Forecast Quality in the Alpine Region, submitted.

Schär, C., Vidale, P., Luethi, D., Frei, C., Haeberli, C., Liniger, M. A., Appenzeller, C., 2004:

The role of increasing temperature variability for European summer heatwaves. Nature, 427, 332-336.

Scherrer, S. C., et al., 2008:

Distribution changes of seasonal mean temperature in observations and climate change scenarios. In: Climate variability and extremes during the past 100 years, S. Brönnimann, et. al. Eds., Springer, Vol. 33 in the Advances in Global Change Research Book Series, 364p, ISBN: 978-1-4020-6765-5.

Scherrer, S. C., and C. Appenzeller, 2006:

Swiss Alpine snow pack variability: major pat-

terns and links to local climate and large-scale flow. Climate Research, 32, 187-199.

Studer, S., Stöckli, R., Appenzeller, C. and Vidale, P. L. 2007:

A comparative study of satellite and ground-based phenology. Int. J. Biometeorol., 51(5) 405-414.

Weigel, A. P., Liniger M. A. and Appenzeller, C. 2007a:

The discrete Brier and ranked probability skill scores. Mon. Wea. Rev., 135(1) 118-124.

Weigel, A. P., Liniger M. A. and Appenzeller, C. 2007b:

Generalization of the Discrete Brier and Ranked Probability Skill Scores for Weighted Multimodel Ensemble Forecasts. Mon. Wea. Rev., 135(7) 2778-2785.

Weigel, A. P., Liniger, M. A. and Appenzeller, C. 2008a:

Can multi-model combination really enhance the prediction skill of probabilistic ensemble forecasts? Quart. J. Roy. Met. Soc., 134 241-260.

Weigel, A. P., Baggenstos, D., Liniger, M. A., Vitart, F. and Appenzeller, C. 2008b:

Probabilistic verification of monthly temperature forecasts. Mon. Wea. Rev., 136, 5162-5182.

Weigel, A. P., Liniger, M. A. and Appenzeller, C. 2009:

Seasonal ensemble forecasts: Are recalibrated single models better than multi-models? Mon. Wea. Rev. in press.

Eine umfassende Publikationsliste finden sie im Internet:
www.meteoschweiz.ch/web/de/forschung/projekte/nccr_ii.html
Kontakt: klimadienste@meteoschweiz.ch

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
CH-8044 Zürich
T +41 44 256 91 11
www.meteoschweiz.ch

MeteoSchweiz
Flugwetterzentrale
CH-8060 Zürich-Flughafen
T +41 43 816 20 10
www.meteoswiss.ch

MeteoSvizzera
Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno Monti
T +41 91 756 23 11
www.meteosvizzera.ch

MétéoSuisse
7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève 2
T +41 22 716 28 28
www.meteosuisse.ch

MétéoSuisse
Les Invaudes
CH-1530 Payerne
T +41 26 662 62 11
www.meteosuisse.ch