

Prognosen bis 72 Stunden für die kurzfristige Planung

Referenten: Francis Schubiger, André Walser und Stefano Zanini

1. Das Alpine Modell (aLMo) [Francis Schubiger]

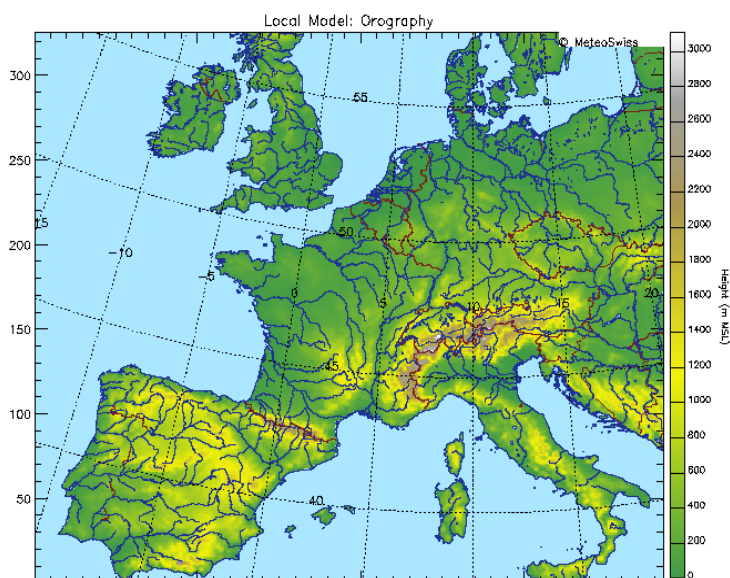


Abbildung 1: das Vorhersagegebiet des Alpenin Modells (aLMo)

Seit 10 Jahren führt MeteoSchweiz operationelle numerische Wettervorhersagen durch. Das Alpine Modell (abgekürzt aLMo) rechnet mit einem horizontalen Gitterabstand von 7 km und 45 vertikalen Flächen über ein Vorhersagegebiet, das ganz West- und Mittel-Europa (siehe Abb. 1) umfasst. Dies erfordert eine gewaltige Rechenkapazität, die MeteoSchweiz am Schweizerischen Nationalen Hochleistungsrechenzentrum CSCS der ETHZ in Manno (TI) nutzt. Zweimal täglich, um 2:30 Uhr und 14:30 Uhr¹, werden in 70 Minuten intensiven Berechnungen auf dem Vektor-Super-Rechner NEC SX-5 die neuesten Vorhersagen bis 72 Stunden im Voraus ermittelt.

aLMo nutzt als Randbedingungen die Daten des globalen Modells des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) in Reading (GB). Der Anfangszustand des Modells wird mit einem Assimilationssystem berechnet, welches alle vorhandenen Beobachtungen auf dem ganzem Gebiet einbezieht (Bodenbeobachtungen, Radiosondierungen, Daten von kommerziellen Flugzeugen, im nächsten Jahr auch Feuchtedaten, die aus GPS-Satelliten gewonnen werden). Dieses Assimilationssystem stellt – in einem stündlichen Rhythmus und hochaufgelöst über ganz Europa – den "bestmöglichen" dreidimensionalen Zustand der Atmosphäre dar.

aLMo ist besonders geeignet, die regionalen Wetterereignisse zu erfassen und dient als Grundlage für die Kurzfristvorhersage von MeteoSchweiz. Es ermöglicht einerseits eine Automatisierung von neuen Produkten und gibt andererseits den Prognostikern quantitative Hinweise für die allgemeinen Vorhersagen und die frühzeitigen Warnungen vor extremen Wetterereignissen.

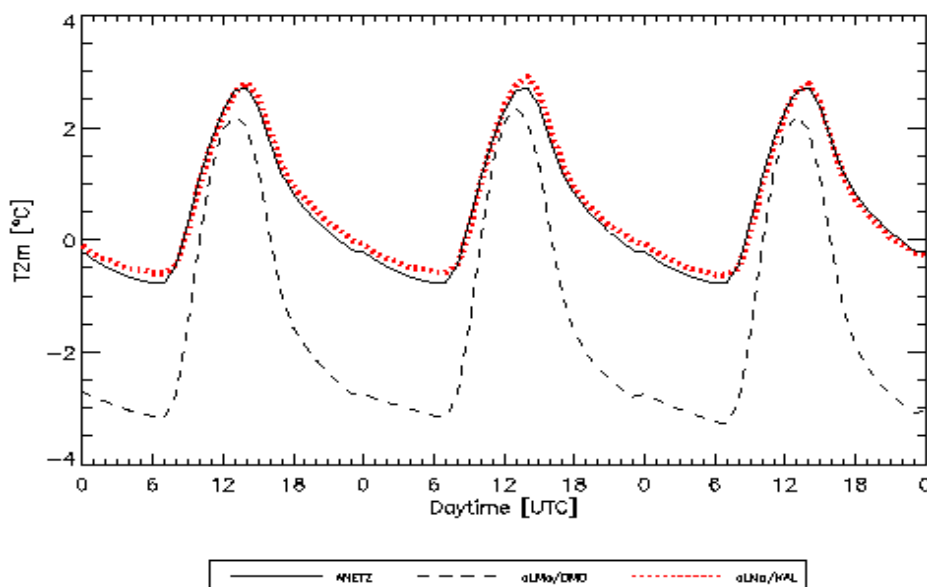
Massgebend für den Erfolg ist die internationale Zusammenarbeit der fünf nationalen Wetterdienste von Deutschland, der Schweiz, Italien, Griechenland und Polen im Rahmen des "Consortium for Small Scale Modelling" (COSMO). Ziel von COSMO ist die Entwicklung, der Betrieb und die Verfeinerung eines Modells der neuesten Generation, ein so genanntes nicht-hydrostatisches Modell. Auf der Website von COSMO (cosmo-model.cscs.ch) können die wissenschaftliche Dokumentation und aktuelle Informationen eingesehen werden.

¹ während der Sommerzeit eine Stunde später

Diese Zusammenarbeit trägt dazu bei, das Modell weiter zu verbessern, namentlich die schwierige Vorhersage der sommerlichen Gewitter oder des winterlichen Hochnebels. MeteoSchweiz widmet sich -- im Bestreben, das Kompetenzzentrum für alpine Meteorologie zu werden -- vor allem Forschungsaufgaben, welche die Vorhersagen im Alpenraum weiter verbessern können. So beginnt in diesem Jahr die Entwicklung einer Modell-Version über dem Alpenraum mit einem horizontalen Gitterabstand von 2.2 km. Dieses Modell (aLMo/2) soll ab 2008, als Ergänzung zu aLMo, eine weitere Regionalisierung der Vorhersagen ermöglichen und achtmal täglich Vorhersagen bis 18 Stunden im Voraus rechnen.

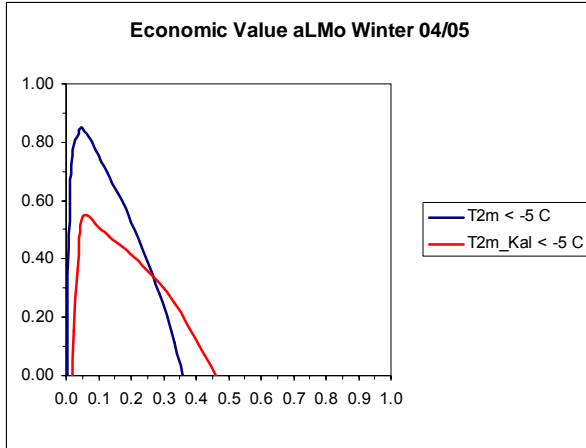
Zahlreiche Produkte des aLMo werden in Echtzeit an Kunden von MeteoSchweiz für deren eigene Anwendungen weitergeleitet, so unter anderem das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung, die Landeshydrologie und -geologie, die Nationale Alarmzentrale, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen und die Schweizerische Gesellschaft für Flugsicherung (Skyguide). Im Bereich Energiewirtschaft stösst das Modell auf immer mehr Interesse, insbesondere für die Automatisierung von Heizung/Lüftung bei grossen Gebäuden, für die Prognose des Strom- und Gasverbrauchs oder auch für die Bewirtschaftung der Stauseen. Typische Vorhersagegrössen für den Energiebereich sind 2m-Temperatur, Globalstrahlung, Niederschlag in den Alpen und Wind. An Standorten des automatischen Messnetzes von MeteoSchweiz werden die systematischen Fehler der 2m-Temperatur und Feuchte mit einem Kalmanfilter korrigiert. Die Vorhersagen werden den Kunden als E-Mail gesandt oder auf einem FTP-server bereitgestellt. Die Formate der Vorhersagen sind entweder Tabellen, welche direkt in ein Steuerungssystem einfließen können, oder Grafiken und Animationen.

Das Modell wird ständig verifiziert (siehe Abb. 2) und die Stärken/Schwächen des Modells, je nach Wetterlage, bzw. meteorologischen Variablen, den Kunden mitgeteilt. Die Abbildung zeigt den



mittleren Tagesverlauf im Winter 2004/2005 an allen Gitterpunkten < 800 m des automatischen Messnetzes der MeteoSchweiz. Die ausgezogene Linie sind die Beobachtungen, gestrichelt sind die Vorhersagen des aLMo und rot punktiert die aLMo-Vorhersagen mit einer Kalman-Filter Korrektur. Man sieht, dass der Kalmanfilter die – im Winter – systematisch zu tiefen Temperaturen während der Nacht gut korrigiert.

Abbildung 2: Verifikation des mittleren Tagesgangs der 2m-Temperatur im Winter 2004/2005 an allen Gitterpunkten < 800 m des automatischen Messnetzes (ANETZ) der MeteoSchweiz. Ausgezogene Linie: Beobachtungen, gestrichelt: aLMo, rot punktiert: aLMo mit einer Kalmanfilter-Korrektur.



Die Wetterabhängigkeit der verschiedenen Kunden ist typischerweise sehr unterschiedlich. Mit einer detaillierten Analyse (siehe Abb. 3) kann der wirtschaftliche Wert der Vorhersage kundenindividuell berechnet und optimiert werden. Die Analyse dieses Werts von aLMo Vorhersagen für 2m-Temperatur < -5°C im Winter 2004/2005 in Luzern aus allen Mitternachts-Vorhersagen von +30 bis +54 Stunden (2. bis 3. Vorhersagetag) zeigt einen grossen Nutzen der Vorhersagen, wenn die Kosten (Cost C) < 50% des Verlustes (Loss L) betragen. Im Bereich C/L von 35-50% ist der Nutzen mit einem Kalmanfilter grösser als mit der direkten Modellvorhersage.

Abbildung 3: Analyse des wirtschaftlichen Werts von aLMo Vorhersagen für 2m-Temperatur < -5°C im Winter 2004/2005 in Luzern aus allen Mitternachts-Vorhersagen von +30 bis +54 Stunden (2. bis 3. Vorhersagetag). Horizontale Achse: Verhältnis Kosten/Verlust (C/L); Vertikale Achse: wirtschaftlicher Wert der Vorhersage (1 entspricht perfekter Vorhersage). Rote Linie: aLMo mit Kalmanfilter-Korrektur, blaue Linie: aLMo direkter Modellwert.

2. Wahrscheinlichkeitsvorhersagen [André Walser]

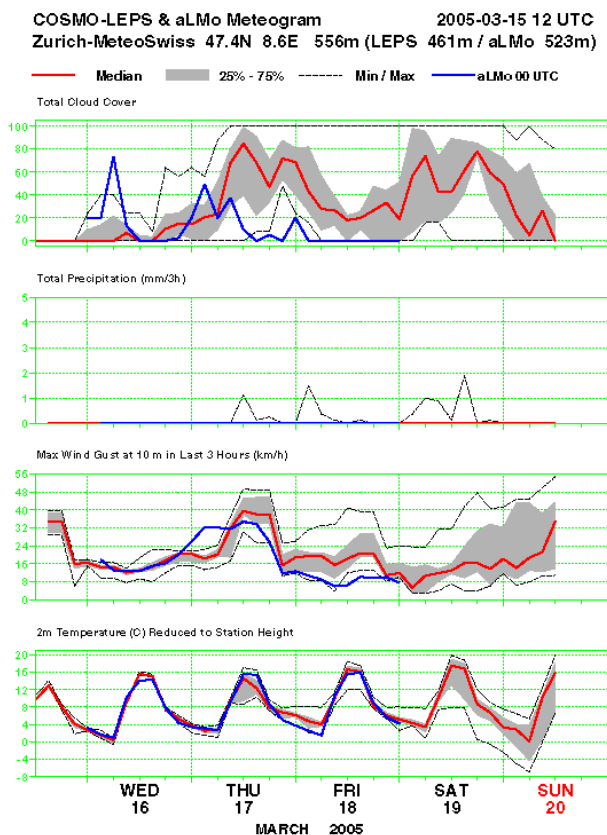


Abbildung 4: Meteogramm vom 15.03.2005 für Zürich. Es zeigt die 5 Tages-Prognose von COSMO-LEPS und aLMo für Bewölkung, Niederschlag, maximale Windböen und Temperatur.

Wettervorhersagen können sehr empfindlich auf Fehler in der Bestimmung des aktuellen Zustands der Atmosphäre reagieren. Bei Wahrscheinlichkeitsvorhersagen wird die vorhandene Unsicherheit über den aktuellen Zustand berücksichtigt, in dem viele Vorhersagen mit leicht verschiedenen Anfangsbedingungen gerechnet werden. Aus der Schar von Vorhersagen, dem so genannten Ensemble, können Eintretenswahrscheinlichkeiten für kunden-spezifische Wetter-Sensitivitäten gerechnet werden. Das neu entwickelte COSMO-LEPS („Limited-area Ensemble Prediction System“ von COSMO) macht solche Wahrscheinlichkeitsvorhersagen in einer hohen räumlichen Auflösung über dem Alpenraum verfügbar und ermöglicht eine Quantifizierung der Unsicherheit der deterministischen aLMo Prognose. Die dazu entwickelten Produkte stellen die komplexen Informationen solcher Wahrscheinlichkeitsvorhersagen in einer übersichtlichen Form dar.

Anschaulich illustriert wird dies mit dem so genannten Meteogramm (siehe Abb. 4), welches die Wettervorhersage für die

nächsten Tage für einen bestimmten Ort zusammenfasst. Dieses zeigt die „mittlere“ Vorhersage des Ensembles (rote Linie), den zentrierten Bereich, in dem die Beobachtung mit 50% Wahrscheinlichkeit liegen wird (graue Fläche), das Minimum und das Maximum des Ensembles (gestrichelte Linien) sowie die aLMo Vorhersage (blaue Linie). Die Streuung der verschiedenen Kurven ist ein direktes Mass für die Unsicherheit der Prognose. Dargestellt werden hier die Vorhersagen für Bewölkung, Niederschlag (3-Stundensummen), maximale Windböen und 2m-Temperatur für die nächsten 5 Tage (aLMo 3 Tage).

3. Mehrwert durch Prognostiker [Stefano Zanini]

Die Genauigkeit einer vom Modell automatisch ausgegebenen Prognose hängt von der Wetterlage und vom Parameter ab. Während automatische Windprognosen sehr zuverlässig sind, stellen speziell Niederschlagsprognosen in den Bergen sowie Temperaturvorhersagen im Winter für das Modell eine schwierigere Aufgabe dar. Mit einer manuellen Überprüfung bzw. Anpassung der Modellvorhersagen durch einen Meteorologen kann in solchen Situationen ein deutlicher Mehrwert erzielt werden, welcher für gewisse Kunden entscheidend sein kann.

Manuelle Prognosen werden vor allem für Hochwasserzentralen und Strassen-Unterhaltungsdienste erstellt und anschliessend an die Kunden per E-Mail, FTP oder Fax vermittelt.

Informationen auf dem Internet sind vorhanden unter:

(a) www.meteoschweiz.ch > Prognosen > Alpines Modell:

Kurzbeschreibung des Modells und Produkte der aktuellen Vorhersage

(b) cosmo-model.cscs.ch:

wissenschaftliche Dokumentation und aktueller Stand der internationalen Zusammenarbeit zur Weiterentwicklung des Modells

(c) www.cscs.ch:

Schweizerische Nationale Hochleistungsrechenzentrum CSCS der ETHZ in Manno (TI) wo das Alpine Modell gerechnet wird

(d) www.ecmwf.int:

Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) in Reading (GB) an dem das globale Modell, welches die Randbedingungen für das Alpine Modell liefert, und die Ensemble Vorhersagen LEPS gerechnet werden.