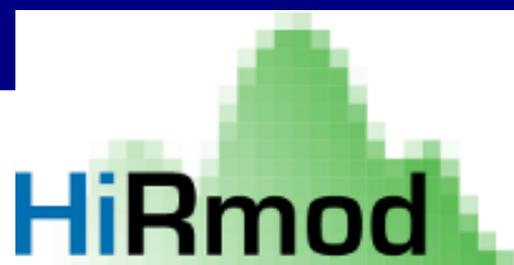


# High-Resolution atmospheric modelling in complex terrain for future climate applications



Petra Seibert, Dèlia Arnold, Irene Schicker



Institut für Meteorologie (BOKU-Met)  
Universität für Bodenkultur Wien



- ❑ Thematic Area 1: Climate and Climate Impacts
- ❑ Laufzeit: 24 Monate (Okt. 2009 – Okt. 2011)
- ❑ Ein Institut: BOKU-Met
- ❑ Drei Mitarbeiterinnen (mit unterschiedlichen Anteilen der Arbeitszeit)
- ❑ Fördersumme ca. 150.000 EUR, ca. 80% Personalkosten
- ❑ Projektsprache English

<b>WP no.</b>	<b>Title Work Package (WP)</b>	<b>Duration (months)</b>
<b>1</b>	Computational aspects	4
<b>2</b>	Input and observational data	6
<b>3</b>	Model improvements	5 (+11)
<b>4</b>	Assessment and comparison	10 (+1)
<b>5</b>	Applications to dispersion modelling	5 (+1)
<b>6</b>	Management	24



## Projektziel

- Derzeit verfügbare, hochauflösende meteorologische Modelle (WRF, MM5) auf die Anwendung in gebirgigem Terrain mit Gitterweiten von 1 km und darunter vorbereiten und testen,
- so dass wir auf die Berechnung von Klimaänderungsszenarien mit solcher Auflösung vorbereitet sind

## weil ...

- das wichtig ist für alle Anwendungen, die von Klimaszenarien abhängen, in einem Gebirgsland wie Österreich
- wir damit rechnen, dass die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Rechner weiter zunimmt, und das auch tatsächlich möglich wird
- und wir die Zeit bis dahin optimal nützen wollen

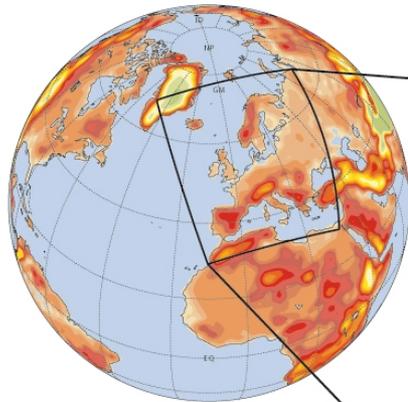
## Derzeit:

- Tests und Entwicklungen mit einzelnen Wetterepisoden der Vergangenheit

Aus: OcCC, 2003: Extremereignisse und Klimaänderung

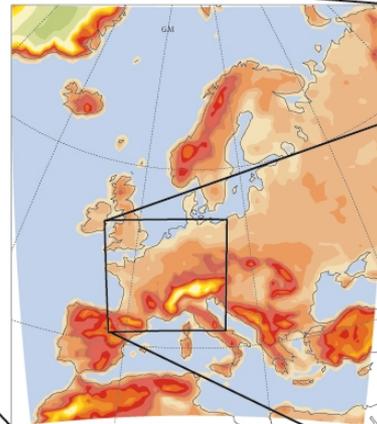
<http://www.proclim.ch>

([http://proclimweb.scnat.ch/products/Extremereignisse03/Images\\_E/eps/Abb11E.eps](http://proclimweb.scnat.ch/products/Extremereignisse03/Images_E/eps/Abb11E.eps))

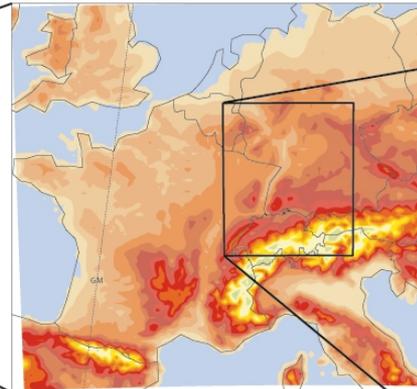


Gekoppeltes GCM  
(HadCM3, ~300 km)

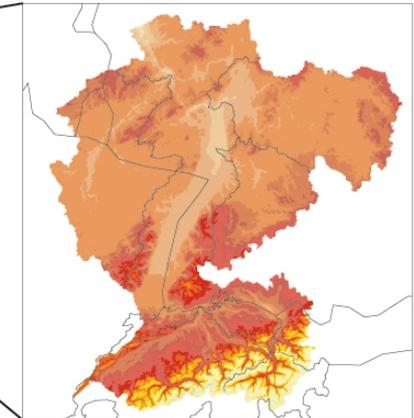
Atmosphärisches GCM  
(ECHAM 5, ~120 km)



Regionales  
Klimamodell  
(CRM, ~56 km)



Regionales  
Klimamodell  
(CRM, ~14 km)

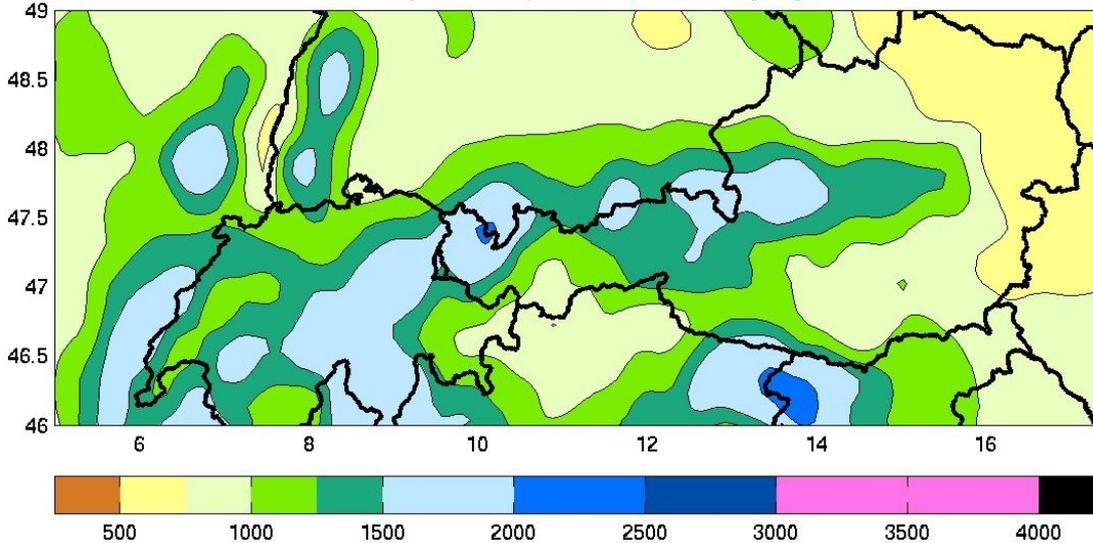


Hydrologisches  
Abflussmodell  
(WaSiM-ETH, ~1 km)

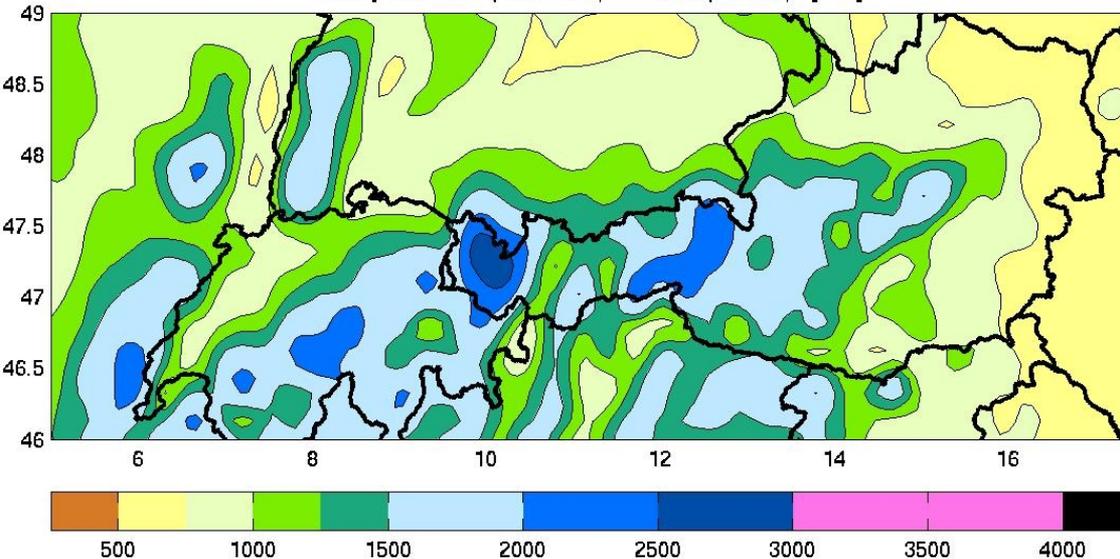
**Globale Klimamodelle brauchen Downscaling**

derzeitige regionale Klimamodelle (10-15 km Gitterdistanz) geben Täler und Berge nicht realistisch wieder, deshalb stimmt auch das simulierte Klima im Gebirge nicht gut

Yearly Mean RR (1981-1990) ETH [mm]



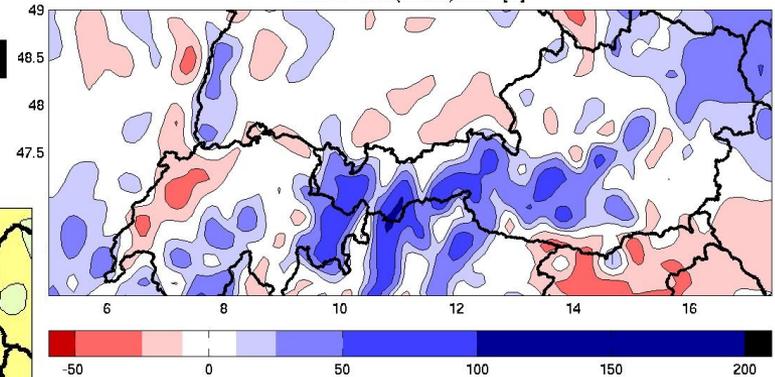
Yearly Mean RR (1981-1990) MM5(ERA40) [mm]



Analyse von Beobachtungsdaten

Unterschiede:

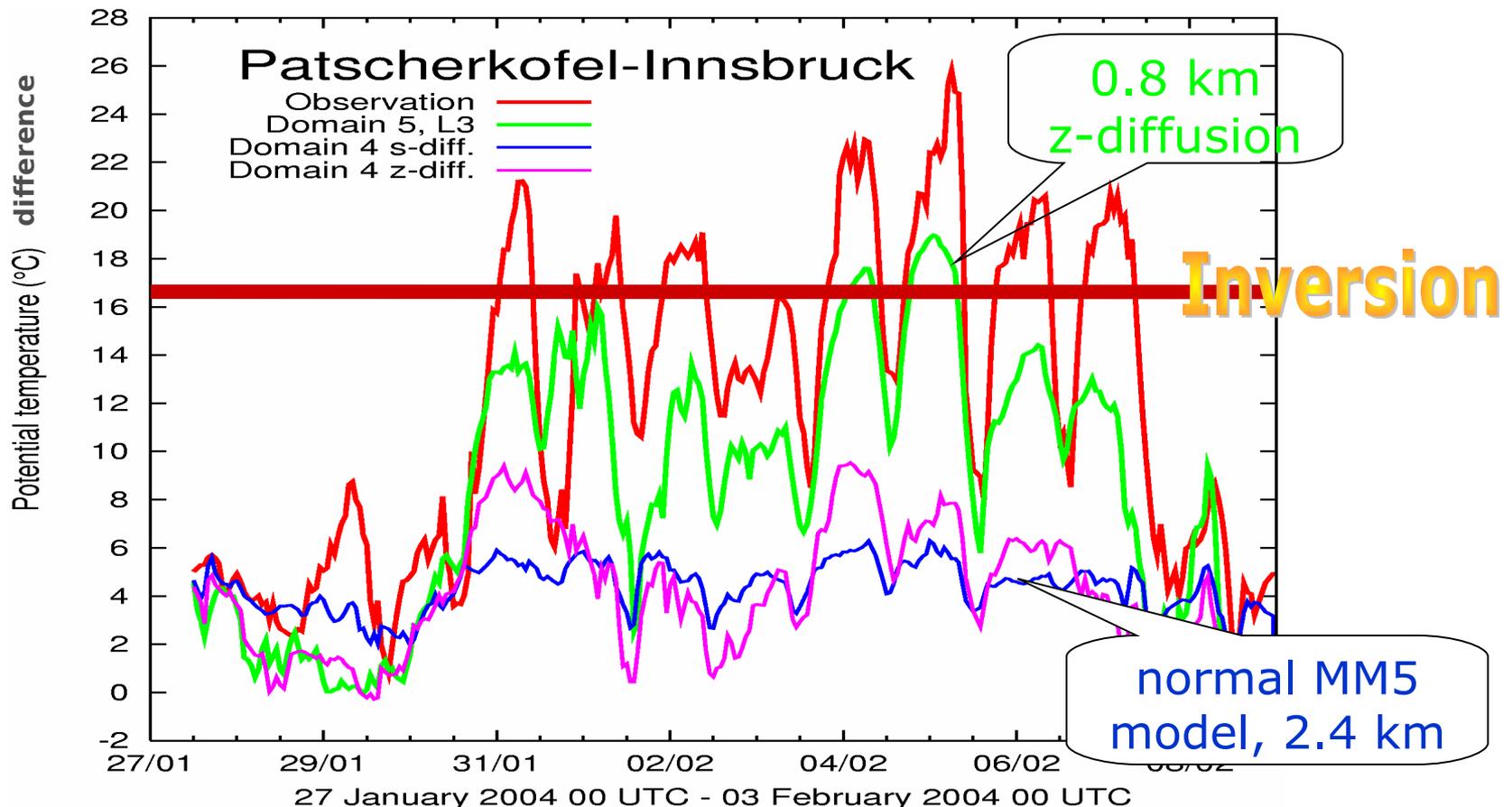
RR Diff MM5(ERA40)-ETH [%]



Regionale Klimasimulation mit MM5 10 km Auflösung

Why do we need high resolution atmospheric modelling

- MM5 and WRF have already produced more realistic results at such high resolution in the Alps but still need to be improved for some key features



# HiRmod Workpackage 1. Computational aspects 7

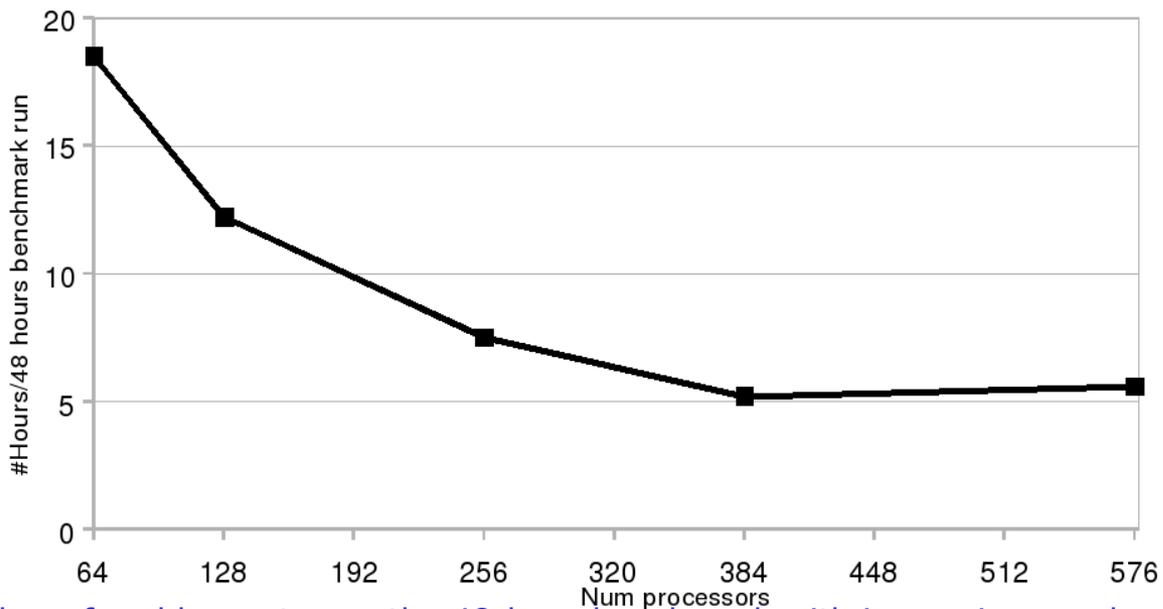
Implementation of WRF and MM5 in different **platforms** and **compilers** (problems appearing for specific configurations and even set-ups)

Machine	Compiler	Sim.Time:Real time	Num cores	Processor
 <b>imp3</b>	ifort v10.0	1 h : <b>4 h 38 min</b>	8	Intel(R) Xeon(R) E5450 @ 3.00GHz
<b>imp3</b>	gfortran v4.3.1	1 h : 9 h 30 min	8	Intel(R) Xeon(R) Quad Core E5450 3.00 GHz
 <b>mp9</b>	ifort v9.1	1 h : 12 h	4	Dual Core AMD Opteron Processor 280 2.4 GHz
<b>PHOENIX</b>	ifort v9.1	1 h : 5 h 5 min	16	Intel I5472 Quad Core
	ifort v11.1	1 h: <b>3 h 30 min</b>	8	Intel(R) Xeon(R)
	gfortran v4.3.1	1 h : ~7 h 20 min	8	Intel(R) Xeon(R)

Comparison of CPU times for a 2-d benchmark run. "imp" refers to machines available at BOKU-Met.

# HiRmod Workpackage 1. Computational aspects 8

- Benchmark of model performance with a test case:
  - Increasing number of cores in multiples of 8
  - 2-day simulation
  - **configuration** of the model as close to the simulations expected in HiRmod as possible- **similar** complexity
    - 6 domains (down to 0.27 km with 202x130 grid cells )
    - 2-way nesting interaction
    - 39 vertical levels



**1 h : 6 min**  
**(1 y : 36 d)**

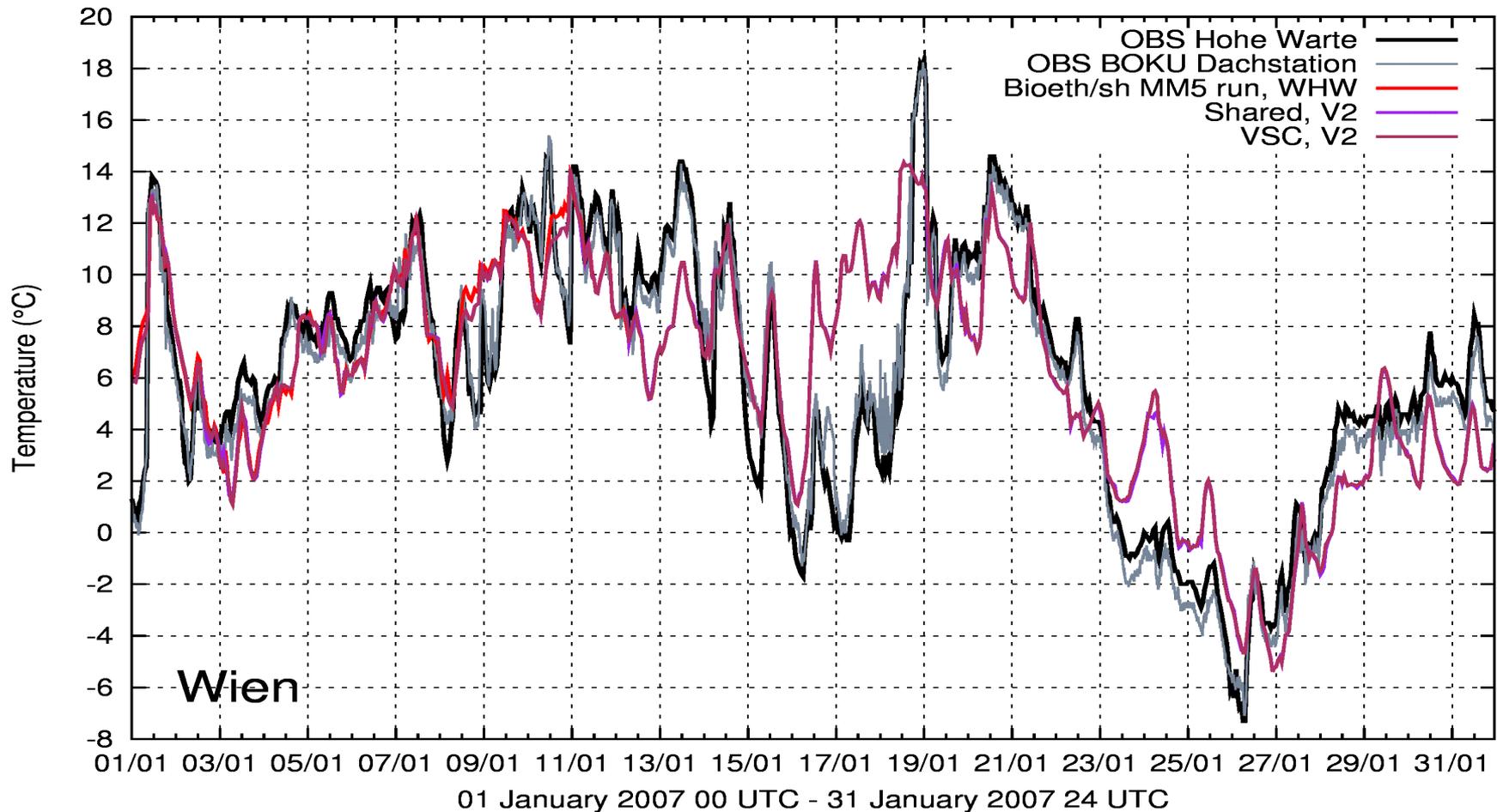
Number of real hours to run the 48-hour benchmark with increasing number of cores for MM5 in VSC with intel fortran compiler

# HiRmod W 1. Vergleich verschiedener Rechner

Assessment of quality of the results, do we achieve similar results?

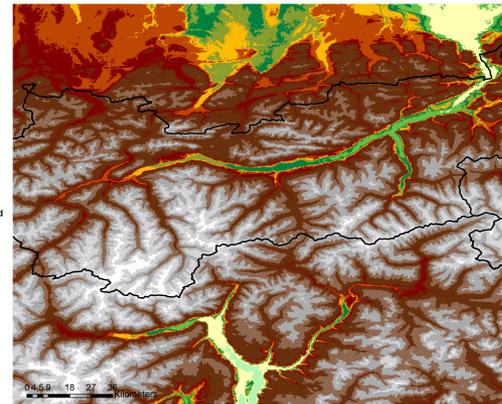
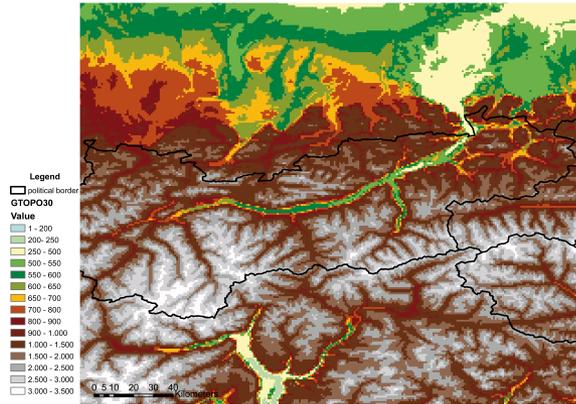
longer run with 5 nested domains surrounding Vienna

MM5 WHW/BOKU comparison 2 m temperature model - observations BOKU Dach / Hohe Warte



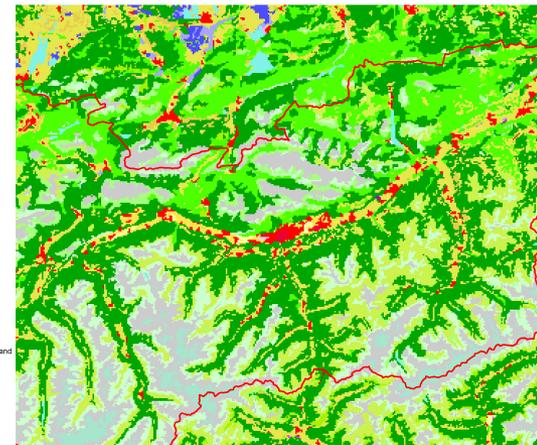
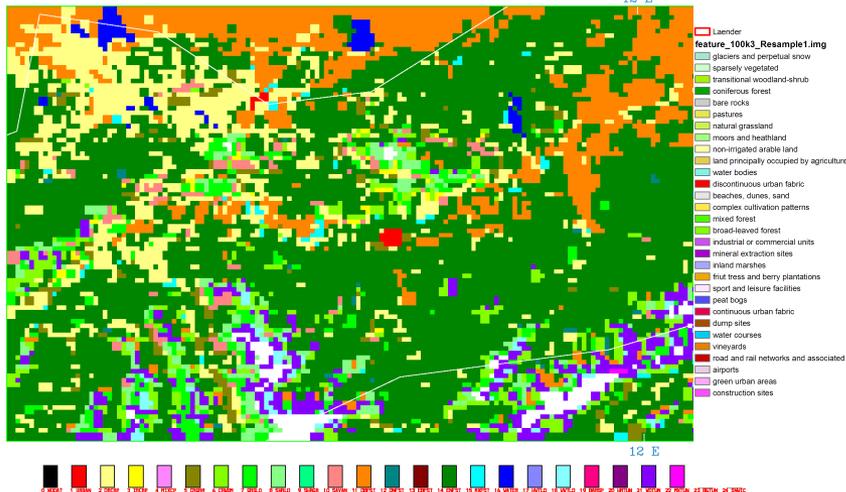
# HiRmod Workpackage 2 : Better input data

Digitales Höhenmodell: USGS30 (1 km) -> SRTM 3" (100 m)



für Modell  
auf 300 m

Landnutzung: USGS (24 Kat., 1 km) -> CORINE (30 Kat., 100 m)



im Gebirge  
sehr  
wichtig bei  
hoher  
Auflösung!!

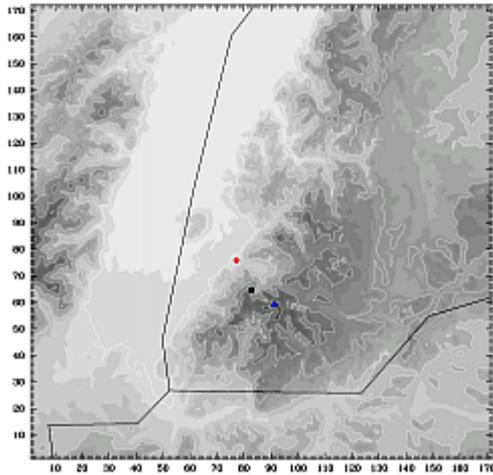
- Number of vertical levels
- Nest levels, domains, 1-way vs 2-way interaction, grid nudging
- Physical parameterisations

# W2 Episoden und Zielgebiete

## Auswahl von Episoden zum Simulieren Zielgebiete (sind schon definiert):

### Schwarzwald (Schauinsland)

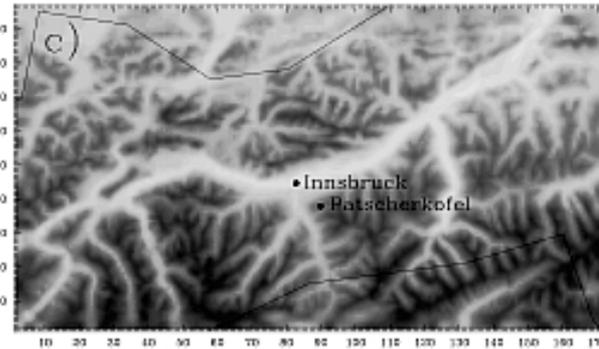
Dataset: terrain REP: terrain Init: 0600 UTC Fri 08 Nov 35  
Fest: 0.00 h Valid: 0000 UTC Fri 08 Nov 35 (0700 LST Fri 08 Nov 35)  
Terrain height AMSL  
Terrain height AMSL



CONTOURS: UNITS=m LOW= 250.00 HIGH= 1250.0 INTERVAL= 250.00

### Inntal (Innsbruck)

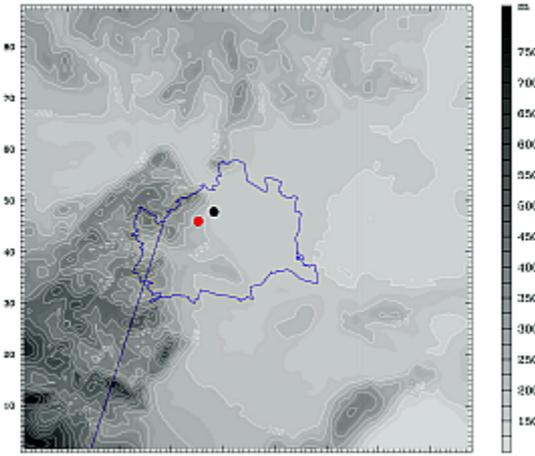
Dataset: ds p1 REP: terrain Init: 1200 UTC Tue 03 Feb 04  
Fest: 0.00 h Valid: 1200 UTC Tue 03 Feb 04 (1300 LST Tue 03 Feb 04)  
Terrain height AMSL



Model info: 42.7.0 No Cumulus Eta PBL Resner 1 1 km, 25 levels, 1 sec

### Wiener Becken

Dataset: ds p0-165 REP: terrain Init: 0000 UTC Fri 15 Jun 07  
Fest: 398.00 h Valid: 0200 UTC Sun 01 Jul 07 (0400 LST Sun 01 Jul 07)  
Terrain height AMSL  
Terrain height AMSL



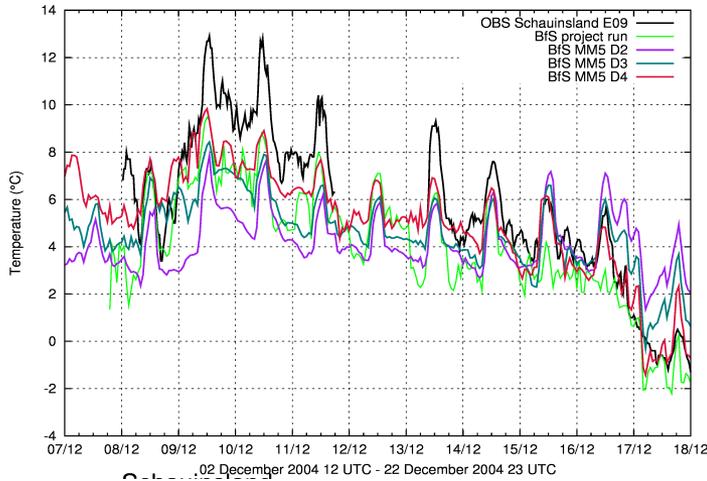
Model info: 42.7.0 No Cumulus Eta PBL Resner 1 1 km, 25 levels, 1 sec

Episodes representing a selection of key weather patterns:

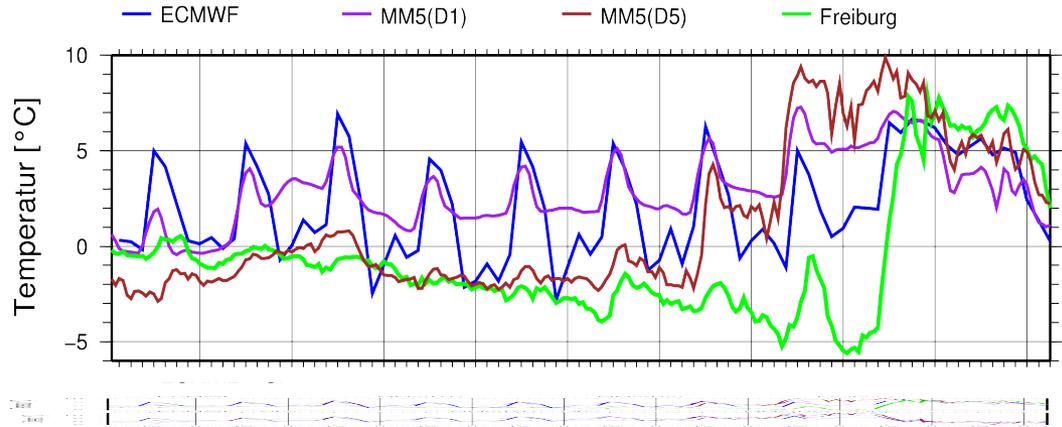
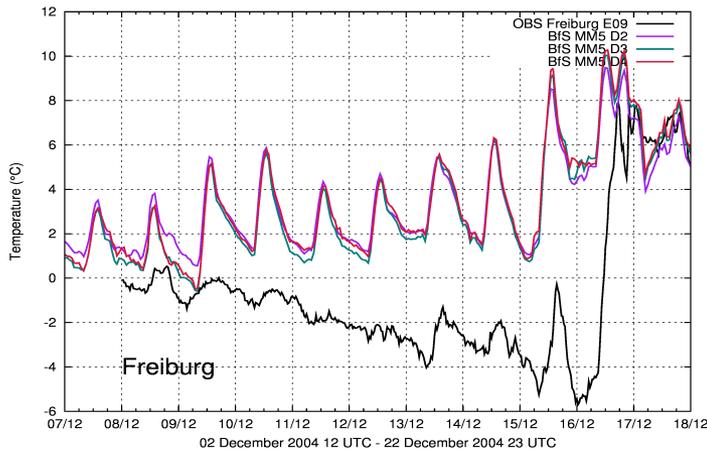
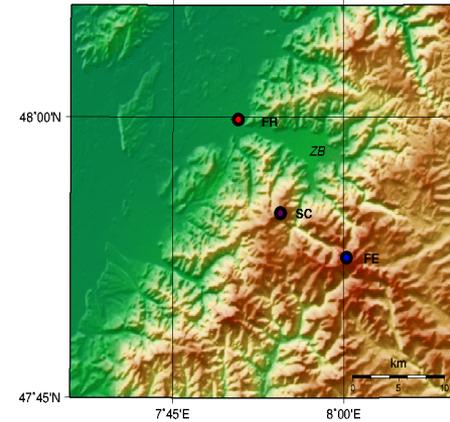
- high pressure systems in winter
- high pressure systems in summer
- advective situations with a pre-frontal phase (southwesterly winds)
- advective situations with a postfrontal phase (northwesterly winds) with and without lee cyclone development

# Beispiele Schwarzwald Inversionslage

## Schauinsland - Freiburg (Dez. 2004)



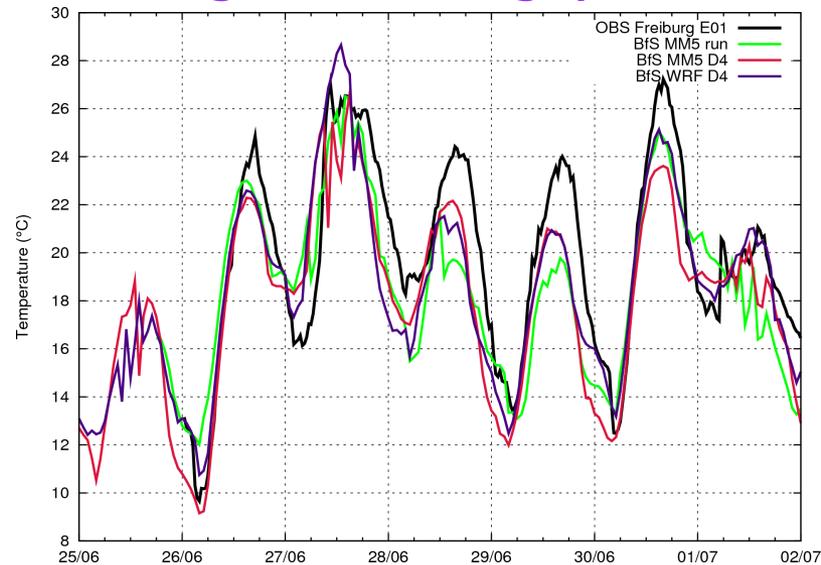
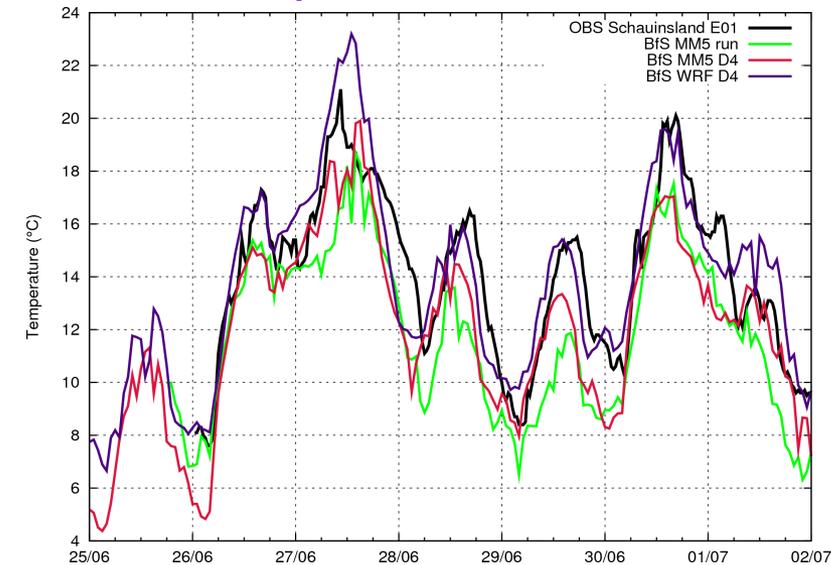
Temperatur  
Bergstation  
Schauinsland  
Unterschiedliche Nests



Talstation Freiburg i.Br. ohne  
Schattenwurf durch Berge

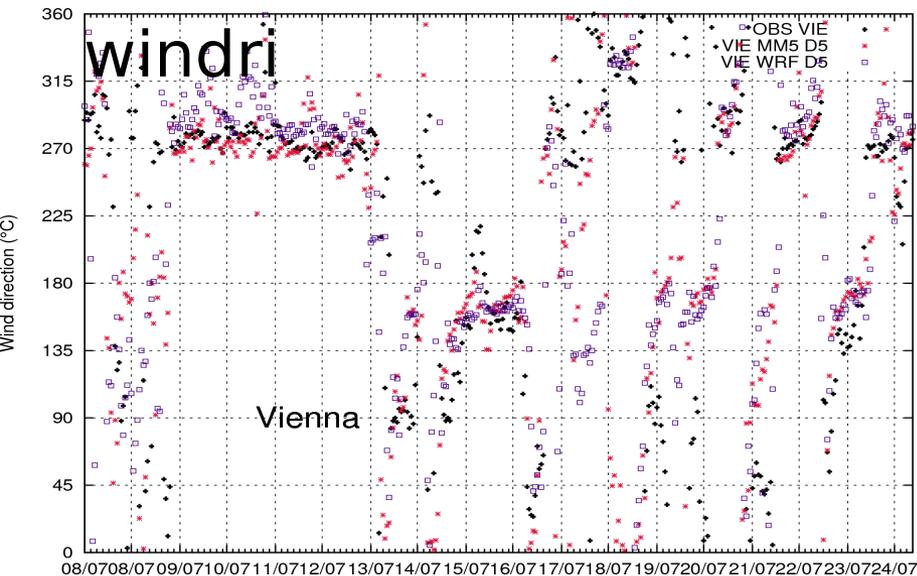
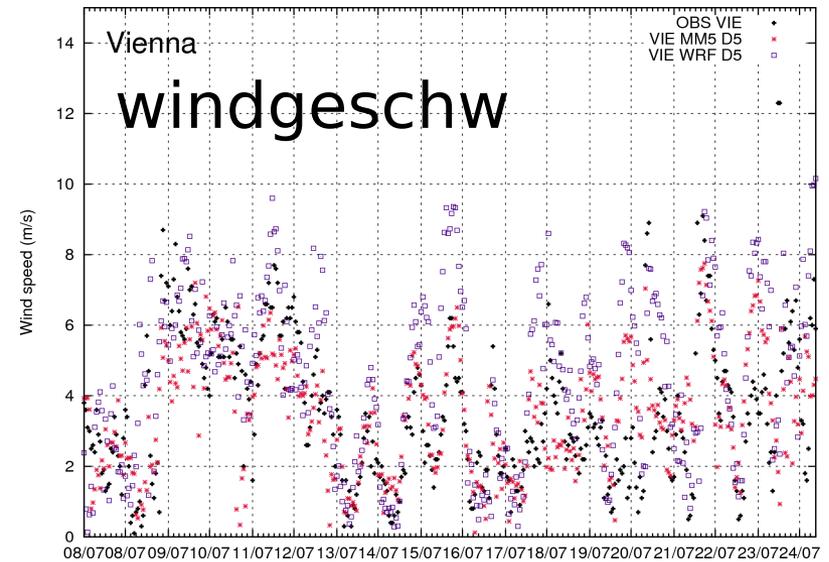
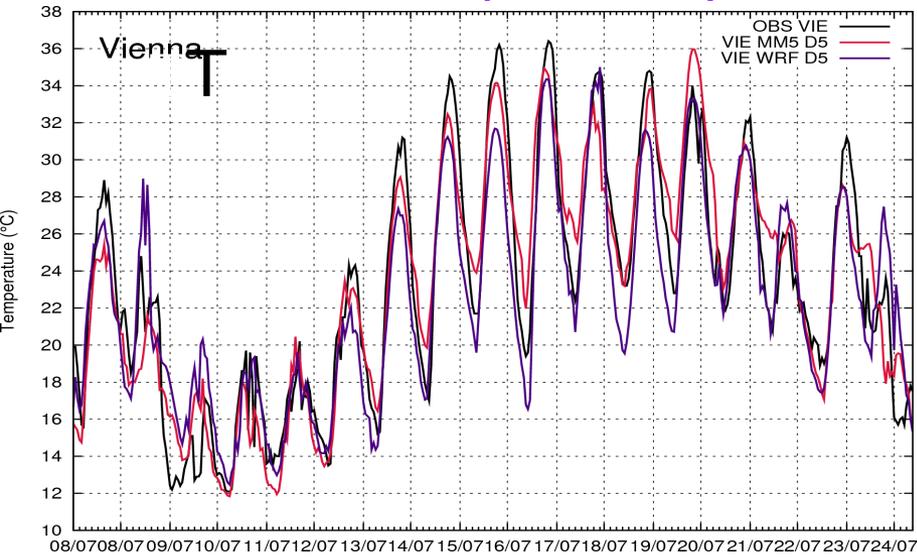
Talstation Freiburg i.Br. mit  
Schattenwurf durch Berge

## Temperatur Schauinsland - Freiburg - Feldberg (Juni 2004)



- MM5 and WRF performance is comparable
- New MM5 set-up is better (could it be improved?)
- Maxima and diurnal cycles are slightly better
- Tendency of all to have shifted max

## Comparability WRF/MM5



- Both too cold during daytime
- WRF too cold also at night
- Diurnal range is slightly improved, but still not enough
- Wind speeds and directions ok
- WRF giving higher wind speeds
- Same shift appears...

## Test der meteorologischen Modellierung mit Ausbreitungsrechnungen

- Lagrangian particle dispersion model FLEXPART-MM5 and FLEXPART-WRF
- Introduction of better **snow cover** (srtm 3") and **soil temperatures**
- Influence of the HiR input fields on the SRS
- Comparison with tracer ambient concentrations (Rn, CO, NOx) measured at the stations.

## Modellverbesserung: Initialisierung der Schneedecke und der Bodentemperaturen

- Standardmässig aus dem groben Modell mit klimatologischem Temperaturgradienten
- zu warm für Täler im Winter – Schnee schmilzt rasch weg

Episodenauswahl vervollständigen

Beobachtungsdaten besorgen

- Bodenstationen,
- Radiosonden,
- Satellitendaten für
  - Schnee,
  - Albedo,
  - Oberflächentemperaturen
  - Bodenfeuchte?
  - Wolken?

Weitere Episodenläufe durchführen

Evaluierungsmethode im Detail definieren,  
Evaluierungstools vervollständigen

Modellverbesserungen implementieren

Ursachen für mangelhafte Performance untersuchen

- ❑ Nicht jedes Modell funktioniert in jeder HPC Umgebung
  - ❑ MM5 geht mit Intel Fortran, nicht mit PGI Fortran
  - ❑ WRF genau umgekehrt
- ❑ Hybride Parallelisierung nicht leicht zum Funktionieren zu bringen (aber auch nicht wesentlich)
- ❑ MM5 Parallelisierung bis ca. 256 threads effektiv
- ❑ WRF noch nicht ausgetest, wenn mehr, könnten wir vielleicht schon mit VSC-2, wohl mit VSC-3 (2012) Klimäläufe machen (von der CPU Leistung her)
- ❑ Menge an Output – Massenspeicher ist aber u. U. ein Problem (selbst für die Episodentests brauchen wir schon einige Terabytes)