

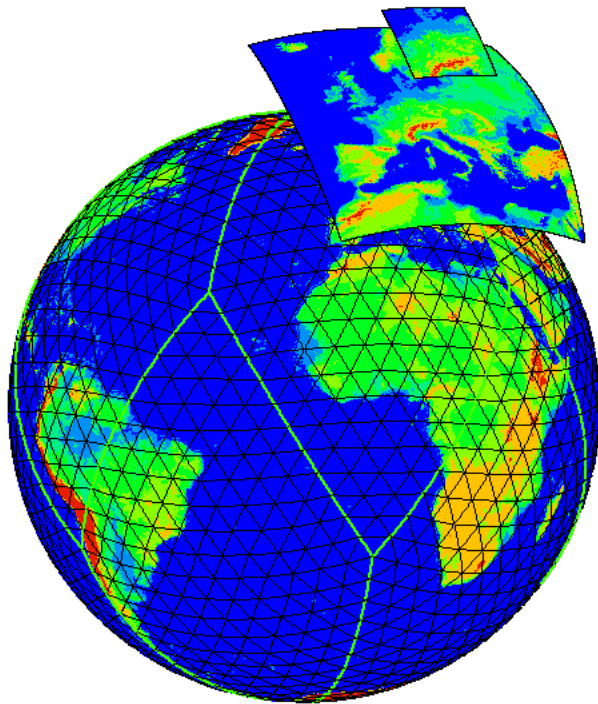


Modellierung hochauflösender Windfelder an der deutschen Nordseeküste

18. KFKI Seminar zur Küstenforschung, 29.10.2013
H. Frank und B. Brecht



- 1. Einleitung**
- 2. Numerische Wettervorhersage beim DWD:
Modelle, Datenassimilation**
- 3. Modellierung von Windfeldern für Projekt OptempS-MohoWif**
- 4. Beispiel: Sturm “Tilo” 2007**
- 5. Verifikation**
- 6. Ausblick**



COSMO-DE $\Delta x = 2.8 \text{ km}$

COSMO-EU $\Delta x = 7 \text{ km}$

GME $\Delta x = 20 \text{ km}$

COSMO-DE:

Maschenweite: **2.8 km**

Vorhersagen bis 27 Stunden

COSMO-EU:

Maschenweite: **7 km**

Vorhersagen bis 78 Stunden

GME:

Mascheneite: **20 km**

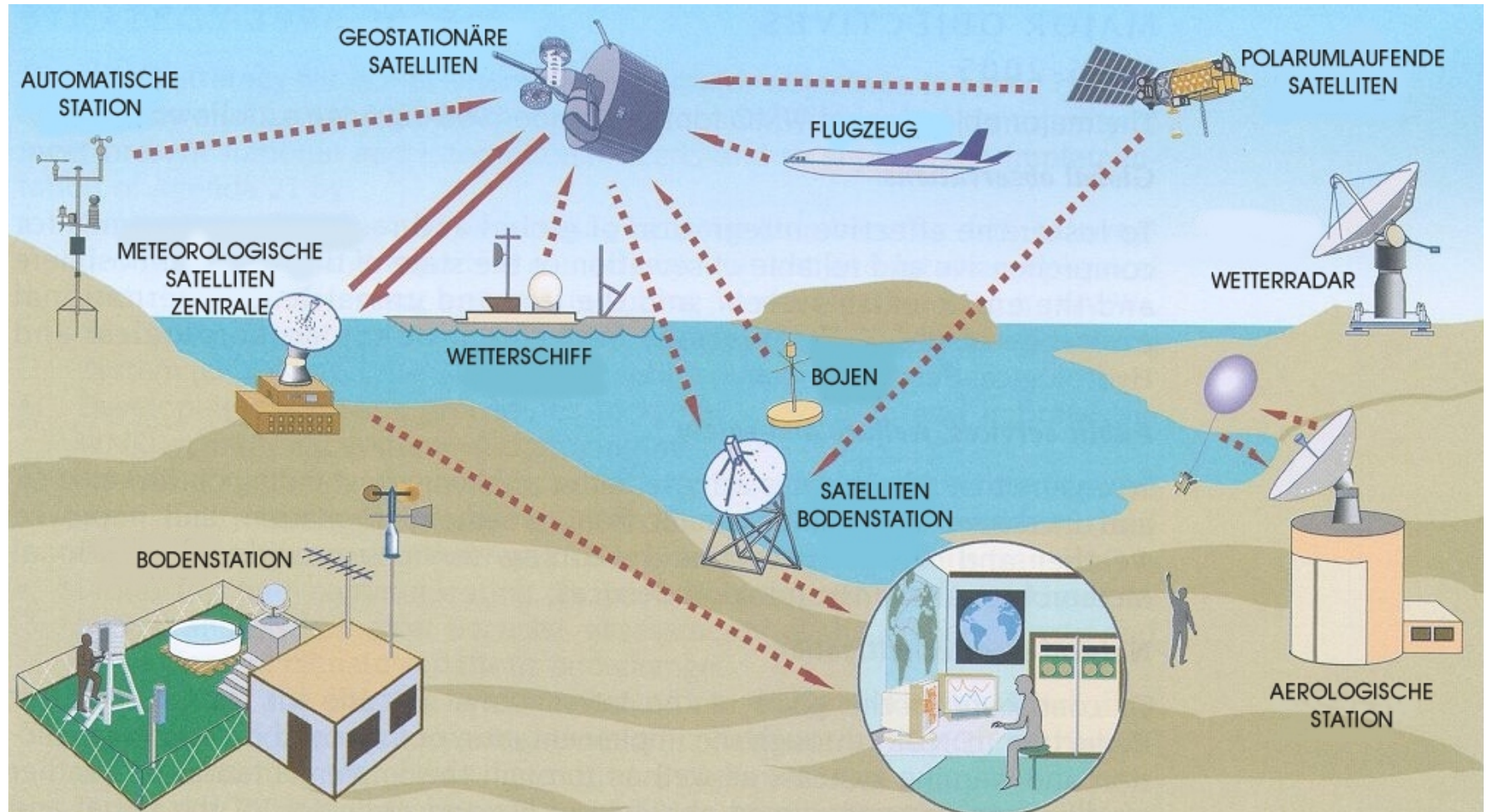
Vorhersagen bis 7 Tage

Das globale Wetterbeobachtungssystem

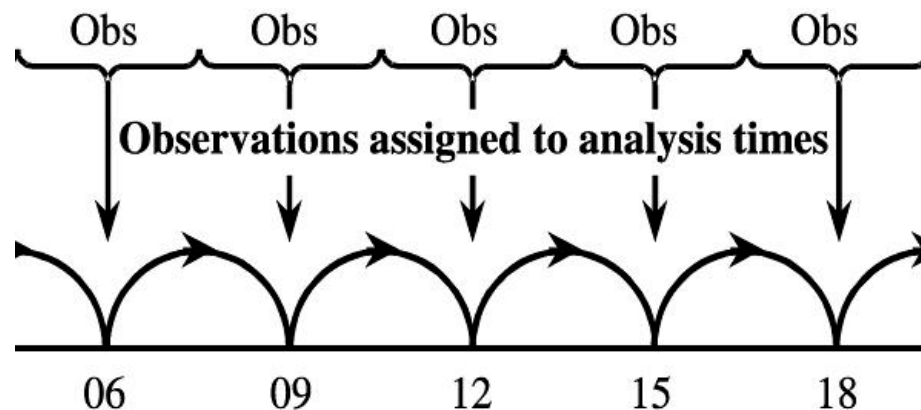
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



(ca. 20 Mill. Beobachtungen / Tag)

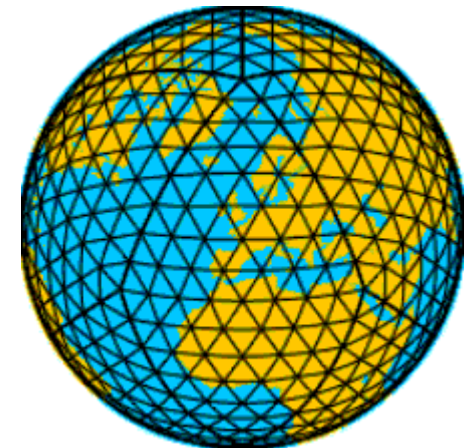
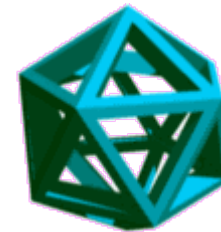


- Atmosphäre: 3DVAR-PSAS (Physical Space Assimilation system)
 - 3-stündiger Datenassimilationszyklus, nutze Beob. ± 1.5 Stunde



- Oberfläche, Boden , zur Verbesserung von Flüssen
 - 3 std. : Analyse der Schneehöhen
 - 0 UTC: Analyse der Temperatur von Wasserflächen und der Eisbedeckung
 - 0 UTC: Variationelle Bodenfeuchteassimilation
 - Korrigiere Bodenfeuchte aufgrund von T_{2m} am Tag

- Hydrostatisches Model
- Hexagonales Ikosahedergitter: **Kein Polproblem**
- Maschenweite 20 km
- Hybride Vertikalkoordinaten:
 $p = a_k + b_k p_s$
- 60 Schichten bis 5 hPa (ca. 36 km)
- $1.474.562 \cdot 60 = 88.473.720$ Gitterpunkte



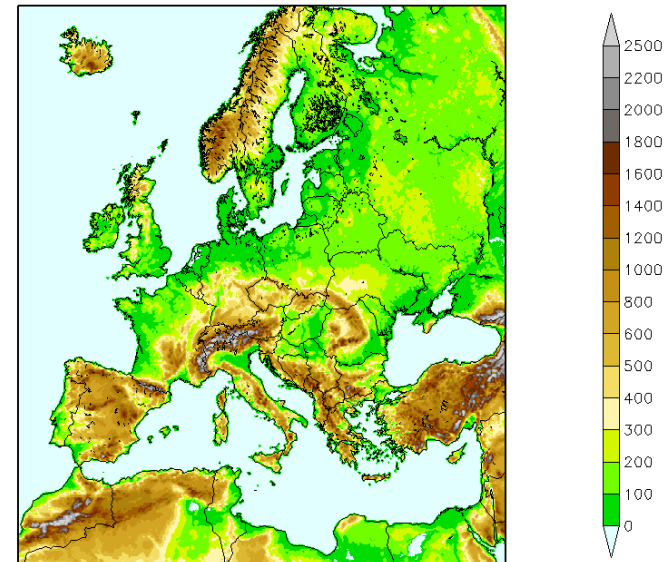
- Nicht-hydrostatisch, vollständig kompressible Dynamik
- Runge-Kutta Zeitintegration
- Bei hoher Auflösung konvektionserlaubende NWV



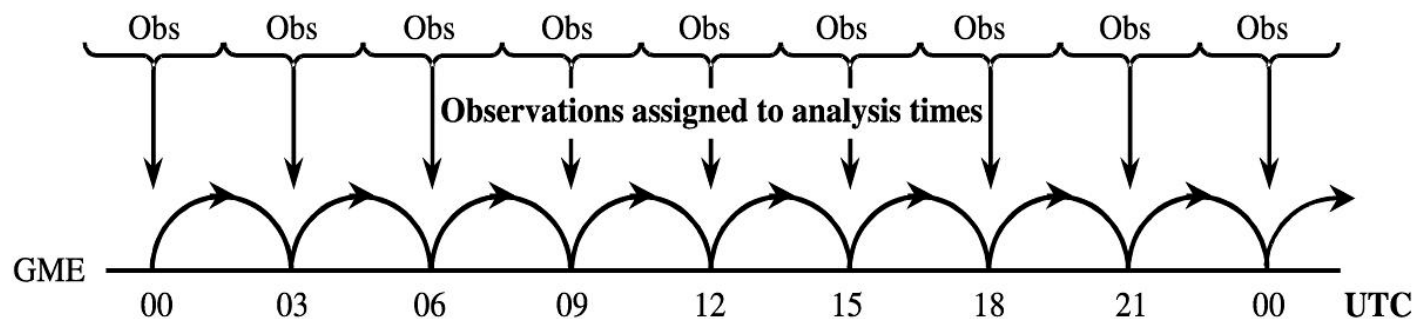
- **Nudging Analyse**

- **COSMO-EU**

- Maschenweite 7 km
- 40 Schichten bis 22,7 km
- $665 \times 657 \times 40 = 17.476.200$ Gitterpunkte
- Konvektionsparametrisierung nach Tiedtke
- Vorhersagen bis 78 Stunden

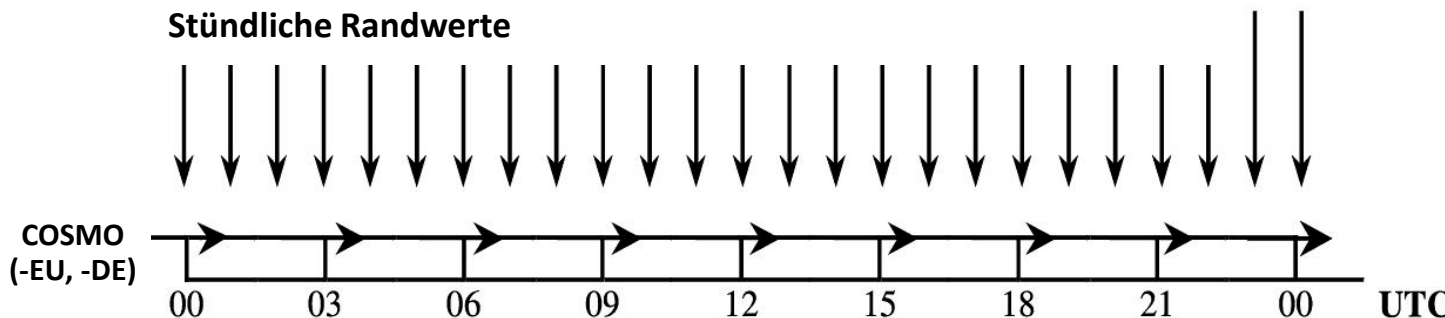


Beobachtungen werden den Analysezeiten zugeordnet

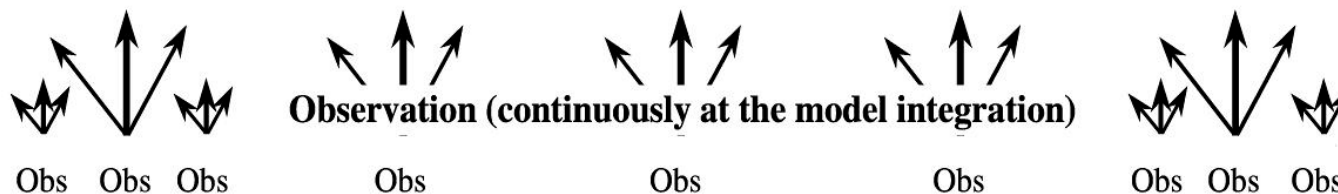


- GME Analysen (3DVAR)
- IDF Initialisierung
- 3-h Vorhersagen

Stündliche Randwerte



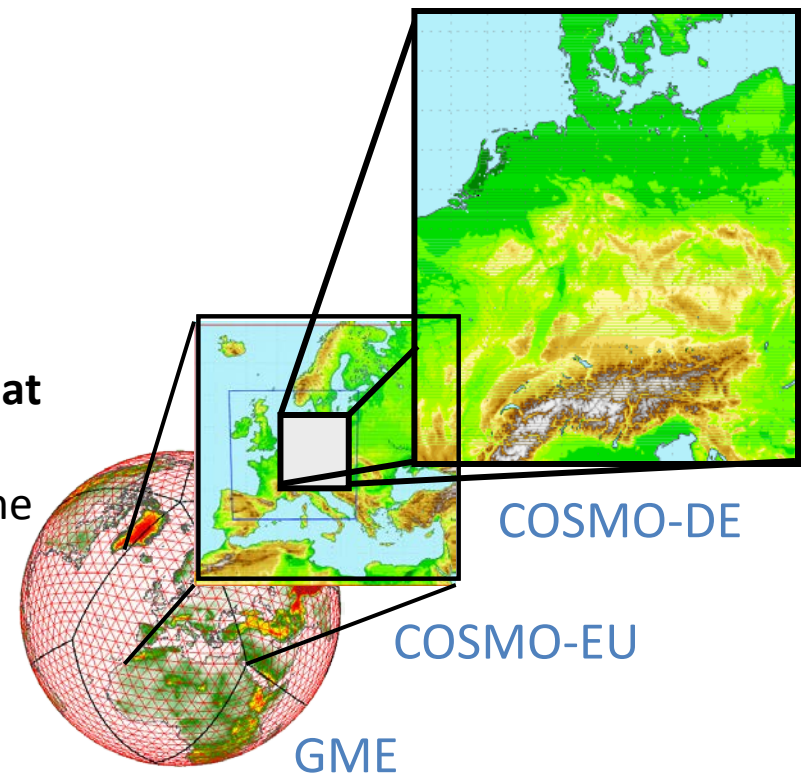
- COSMO Analysen (nudging) (stündlich)



- + Schneeana (alle 6 h)
- + SST-Ana (um 00 UTC)
- + Bodenfeuchteana (nur COSMO-EU 00 UTC)

Kontinuierliche Hinführung der Modellvariablen an die Beobachtungen

- nicht-hydrostatisch
- Maschenweite: 2.8 km
- 50 Schichten bis 22 km
- $421 \times 461 \times 50 = 9.704.050$ Gitterpunkte
- Konvektionserlaubend, d.h. **keine** Parametrisierung hochreichender Konvektion
- Nudging Analyse
- Assimilation von **Radardaten** durch **Latent heat nudging**: Annahme vertikal integrierte Freisetzung latenter Wärme $\propto$ Niederschlagsrate
- Vorhersagen: 0-27 Stunden, 8 Mal pro Tag
(00, 03, 06, 09,... UTC)



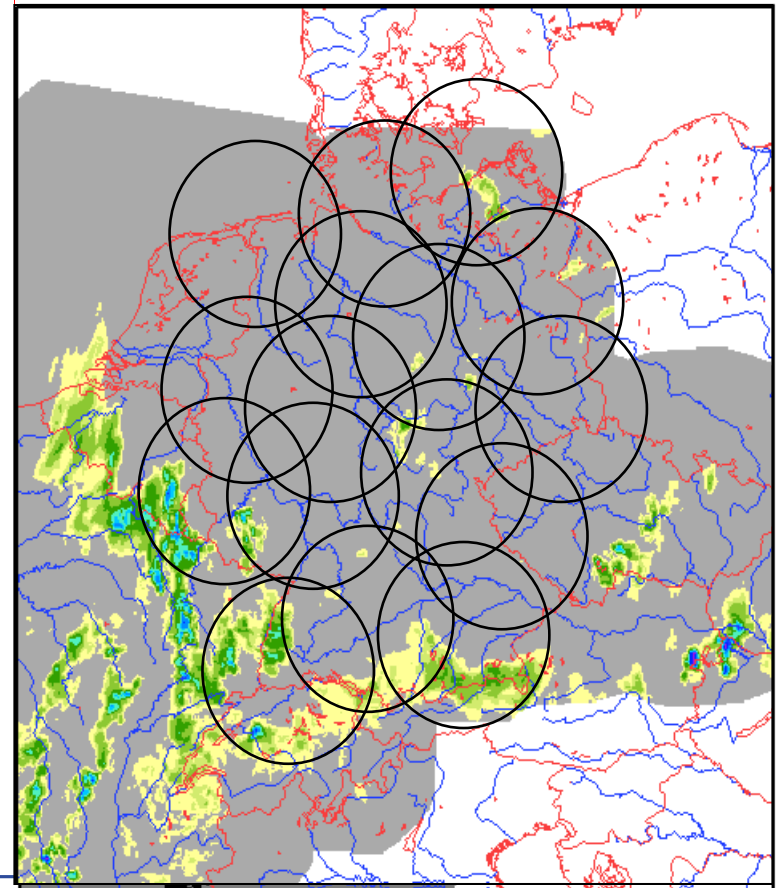
Latent Heat Nudging

LHN: modifiziere die Temperatur (Latente Wärme)

- + Anpassung der spezifischen Feuchte damit die relative Feuchte gleich bleibt

Radar Komposit seit Juni 2011:
16 D, 2 NL, 2 B, 9 F, 3 CH, 2 CZ
Radarstandorte

COSMO-DE: $\Delta x = 2.8 \text{ km}$
(deep convection explicit,
shallow convection param.)

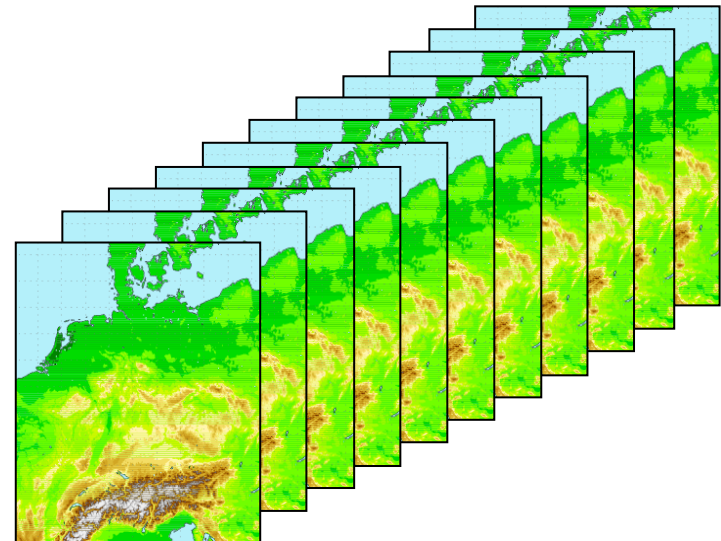


(Ensemble Prediction System)

Wie COSMO-DE

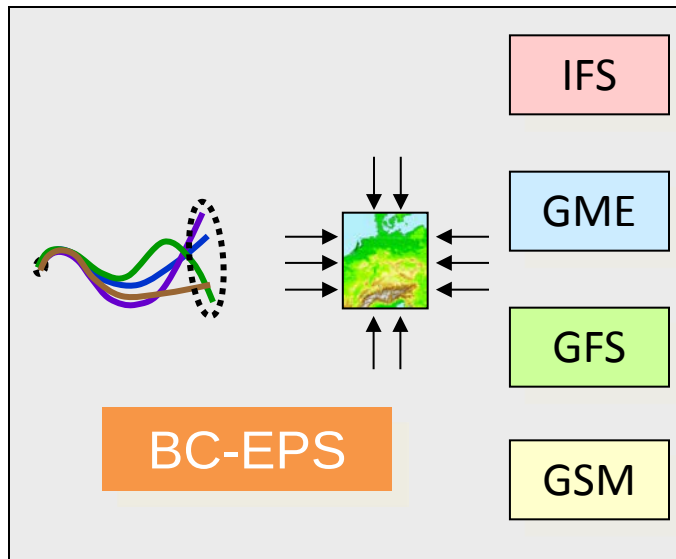
- Maschenweite: 2.8 km
- Täglich 8 Vorhersagen bis 27 h
- 20 (40) Ensemble Member

Operationell seit dem 22. Mai 2012

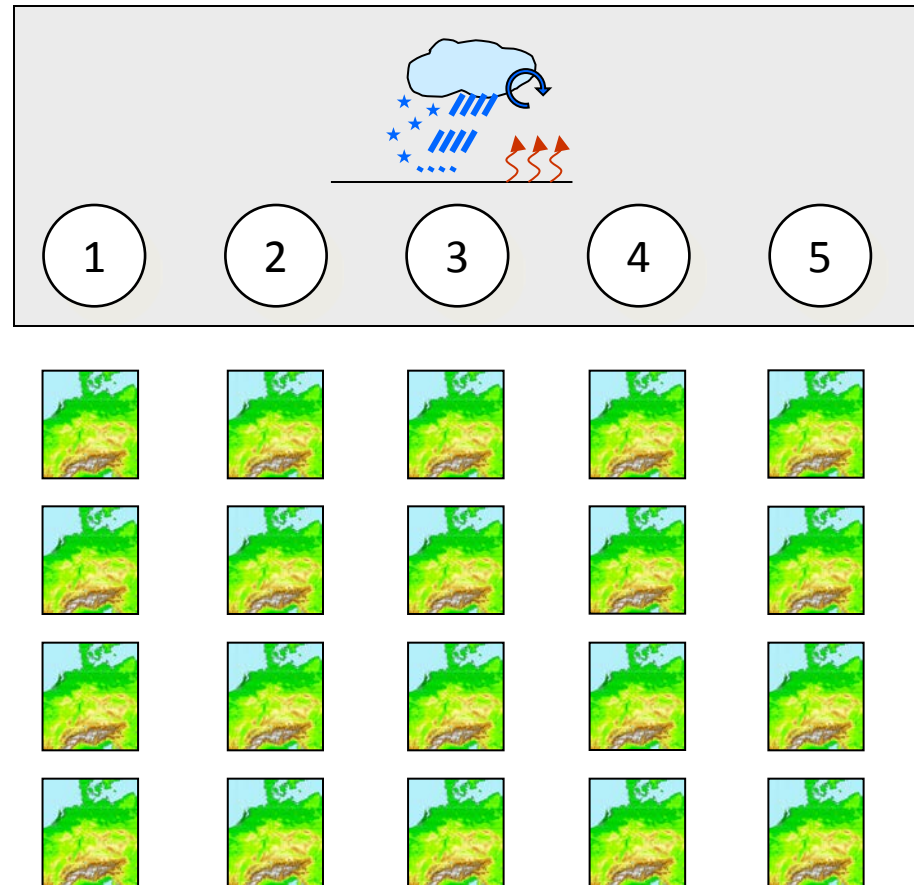


Anfangs-
bedingungen

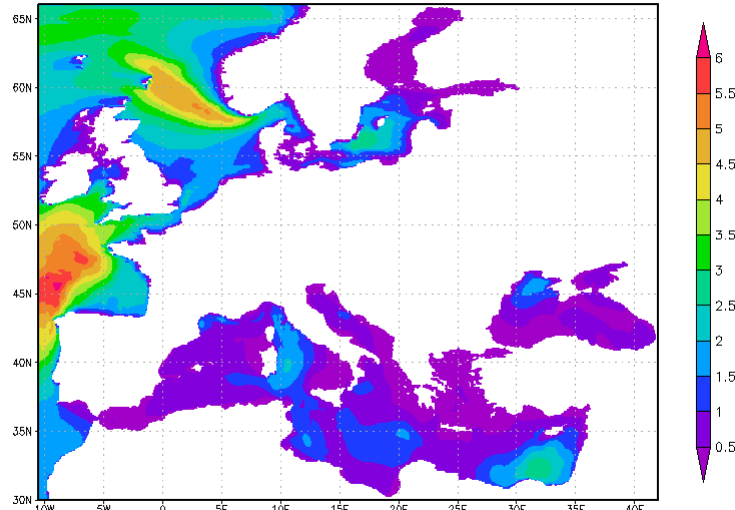
Rand-
bedingungen



Modellphysik



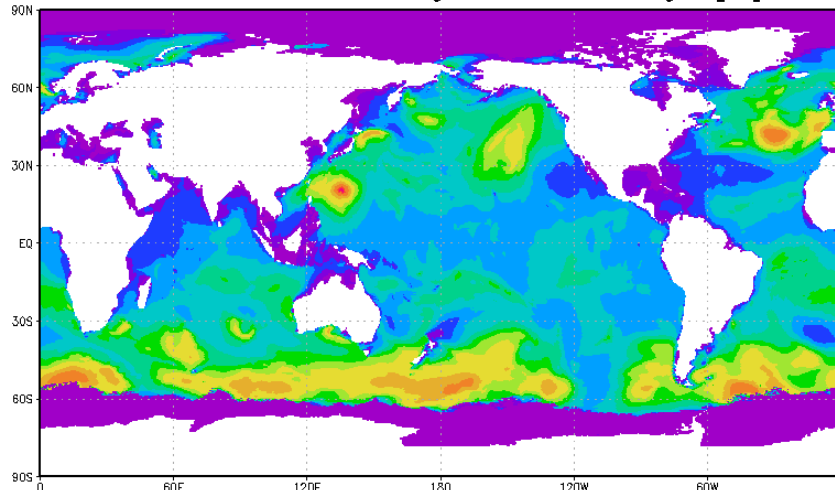
EWAM 20131021+12: Significant wave height [m]



EWAM:

Maschenweite $0,1^\circ * 0,05^\circ$
Vorhersagen bis 78 h

GWAM 20131021+12: Significant wave height [m]

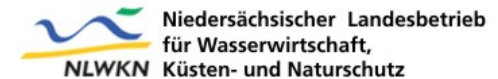


GWAM:

Maschenweite $0,25^\circ * 0,25^\circ$
Vorhersagen bis 174 h

Optimierung empirischer Sturmfluten und Modellierung Hochauflösender Windfelder

- Forschungsstelle Küste , Sturmflutwarndienst, NLWKN
 - Verbesserung der Sturmflutvorhersagen an der Nordseeküste: Nutzung neuerer Daten, von mehr Datenpunkten, verbessertes empirisches Modell
 - Detaillierte Modellierung einiger Stürme zur Untersuchung von Überlagerungseffekten
 - NLWKN benötigt hochaufgelöste Windfelder während starker Stürme in der Nordsee
- Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD)
 - Hochaufgelöste Windfelder für 39 Stürme in der Nordsee.
 - Verifikation der Windfelder.
 - Sensitivitätsuntersuchungen.



COSMO-de 2.2 km Maschenweite, 65 Schichten



EU2DE

COSMO-eu 7 km Maschenweite, 40 Schichten



GME2EU

GME 30 km Maschenweite, 60 Schichten



IFS2GME

ERAInterim/ERA-40

ERA Interim

ERA-40

60 Schichten

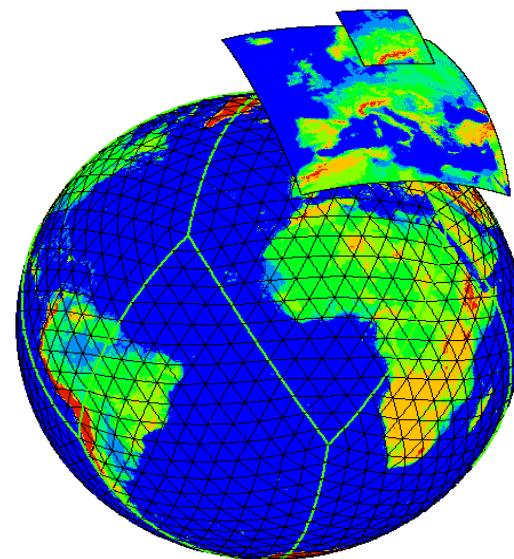
60 Schichten

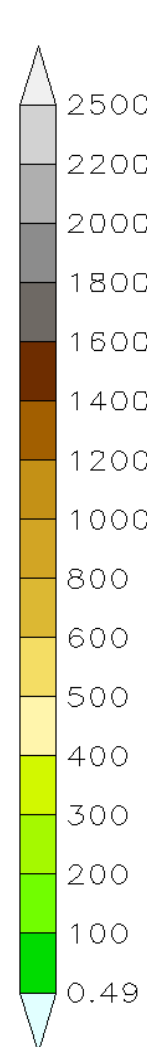
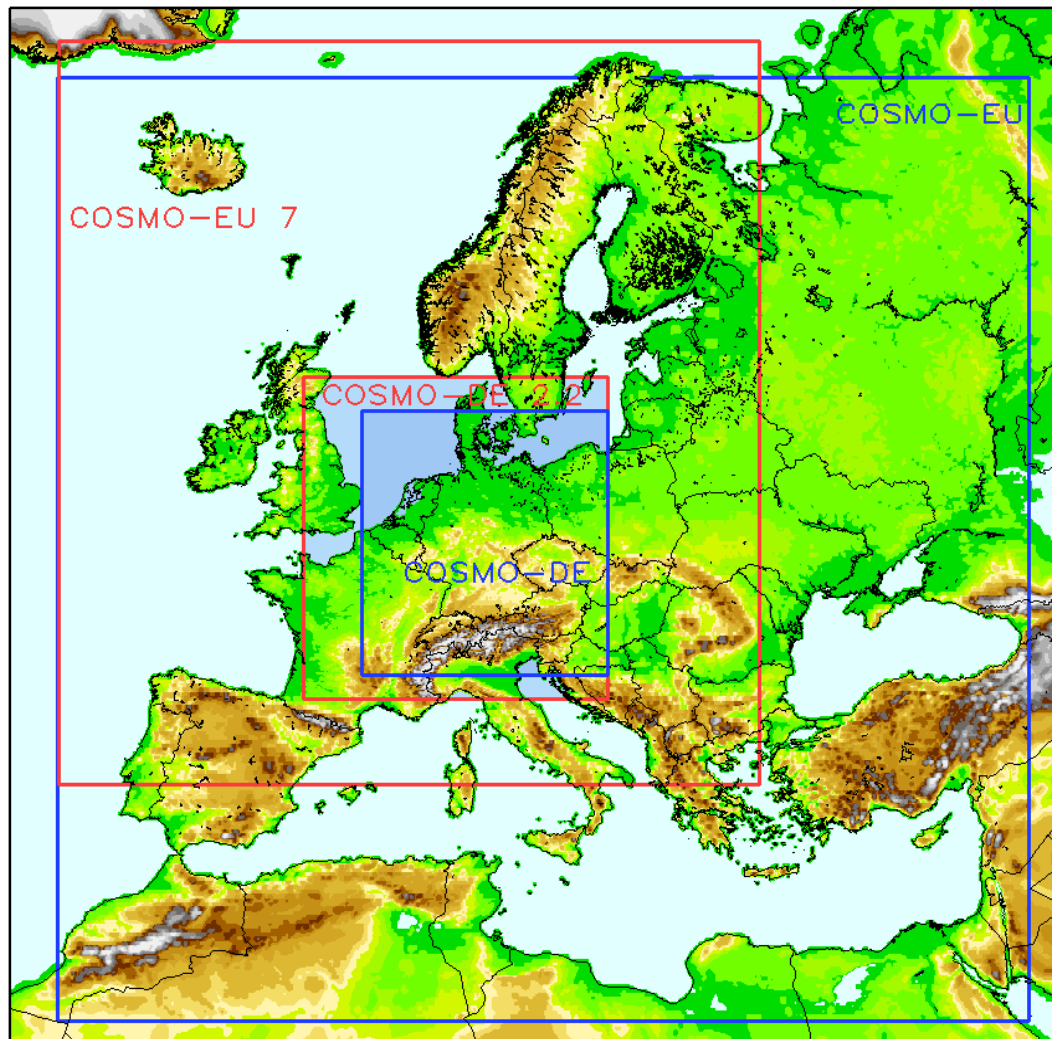
Reduziertes Gausgitter
T255, ca. 80 km

Reduziertes Gausgitter
T159, ca. 125 km

12 h 4D-Var

3D-Var

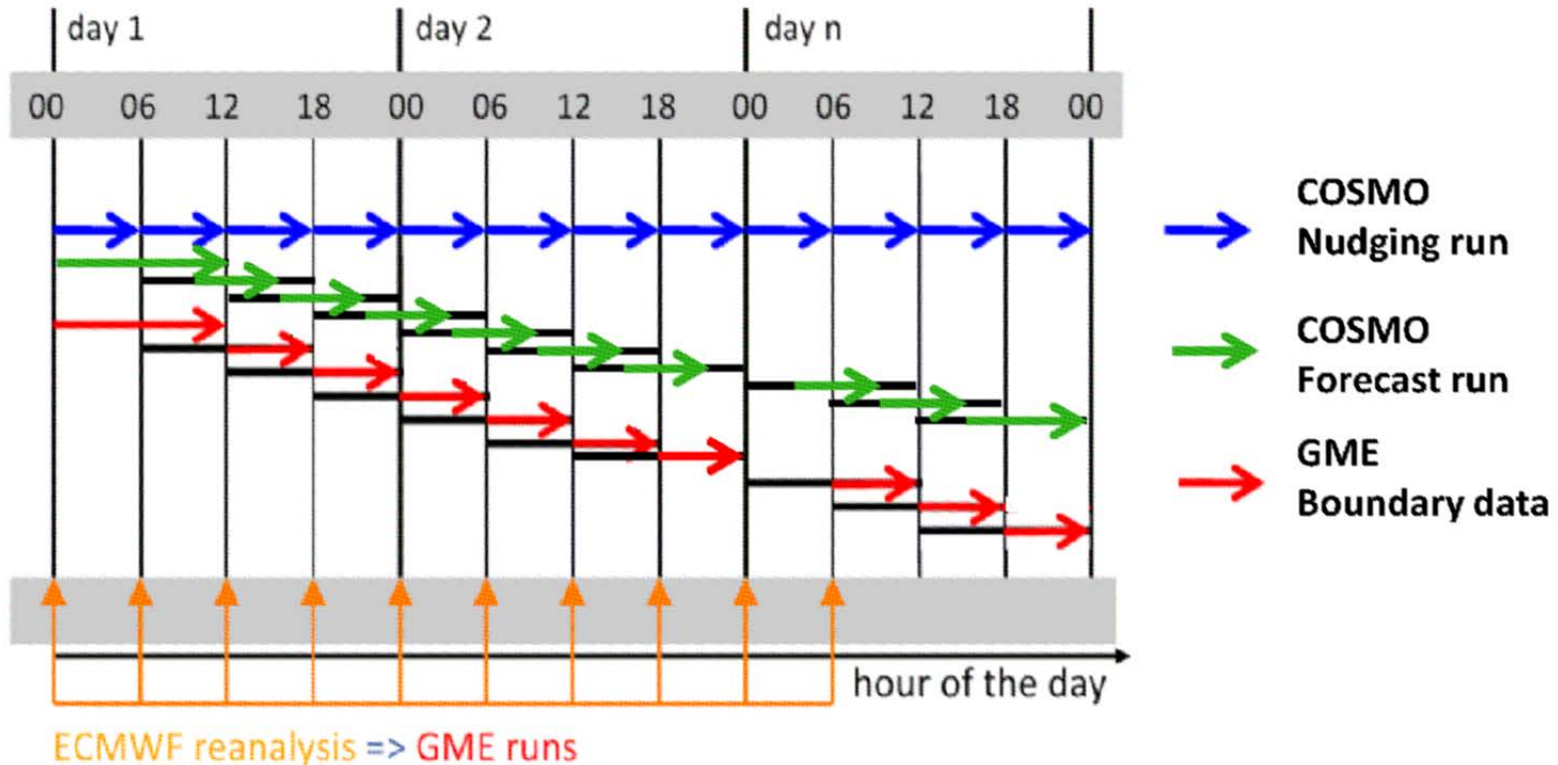




- **COSMO-EU:**
665x657 Gitterpunkte
0.0625° Maschenweite
- **COSMO-eu 7 km:**
480x518 Gitterpunkte
0.0625° Maschenweite
- **COSMO-de 2.2 km:**
650x700 Gitterpunkte
0.02° Maschenweite
- **COSMO-DE**
421x461 Gitterpunkte
0.025° Maschenweite

Nudging:

- Hinführung der prognostischen Variablen an die Beobachtungen, kein LHN für COSMO-de



Vorhersage:

- GME liefert Randwerte für COSMO-eu und Anfangsfelder zu Beginn einer Sturmepisode.

Ausgewählte Stürme

Nr	Start (UTC)	Eintritt max. Wasserstand im Zeitraum(UTC)	Ende (UTC)
1	14.02.1962 00:00	16.02.1962 20:10	17.02.1962 23:00
2	28.11.1966 00:00	30.11.1966 23:47	01.12.1966 23:00
3	21.02.1967 00:00	23.02.1967 21:10	24.02.1967 23:00
4	26.02.1967 00:00	01.03.1967 01:03	01.03.1967 23:00
5	10.11.1973 00:00	19.11.1973 17:03	20.11.1973 23:00
6	04.12.1973 00:00	06.12.1973 19:04	07.12.1973 23:00
7	11.12.1973 00:00	14.12.1973 00:03	14.12.1973 23:00
8	01.01.1976 00:00	03.01.1976 11:59	04.01.1976 23:00
9	18.01.1976 00:00	21.01.1976 00:40	22.01.1976 23:00
10	28.12.1977 00:00	31.12.1977 00:16	31.12.1977 23:00
11	21.11.1981 00:00	24.11.1981 08:10	25.11.1981 23:00
12	30.01.1983 00:00	02.02.1983 01:06	02.02.1983 23:00
13	02.12.1988 00:00	05.12.1988 06:48	05.12.1988 23:00
14	11.02.1989 00:00	14.02.1989 14:46	15.02.1989 23:00
15	23.01.1990 00:00	25.01.1990 23:22	27.01.1990 23:00
16	24.02.1990 00:00	26.02.1990 23:24	28.02.1990 23:00
17	18.08.1990 00:00	20.08.1990 22:33	21.08.1990 23:00
18	17.12.1991 00:00	20.12.1991 09:00	21.12.1991 23:00
19	20.01.1993 00:00	22.01.1993 22:34	23.01.1993 23:00
20	07.12.1993 00:00	09.12.1993 17:32	10.12.1993 23:00
21	17.12.1993 00:00	20.12.1993 00:57	20.12.1993 23:00
22	25.01.1994 00:00	28.01.1994 10:34	31.01.1994 23:00
23	11.03.1994 00:00	13.03.1994 22:08	14.03.1994 23:00
24	30.12.1994 00:00	01.01.1995 22:29	02.01.1995 23:00
25	07.01.1995 00:00	10.01.1995 04:56	11.01.1995 23:00
26	27.10.1996 00:00	29.10.1996 23:18	30.10.1996 23:00
27	02.02.1999 00:00	05.02.1999 02:23	06.02.1999 23:00
28	30.11.1999 00:00	03.12.1999 18:00	04.12.1999 23:00
29	27.01.2000 00:00	30.01.2000 03:54	30.01.2000 23:00
30	25.10.2002 00:00	28.10.2002 02:05	28.10.2002 23:00
31	29.10.2006 00:00	01.11.2006 04:27	01.11.2006 23:00
32	09.01.2007 00:00	12.01.2007 02:27	12.01.2007 23:00
33	16.01.2007 00:00	18.01.2007 20:13	19.01.2007 23:00
34	16.02.2007 00:00	18.02.2007 21:23	20.02.2007 23:00
35	07.11.2007 00:00	09.11.2007 09:45	10.11.2007 23:00
36	23.11.2007 00:00	25.11.2007 10:05	26.11.2007 23:00
37	10.03.2008 00:00	13.03.2008 01:30	13.03.2008 23:00
38	09.11.2010 00:00	12.11.2010 13:48	13.11.2010 23:00
39	02.02.2011 00:00	04.02.2011 23:17	05.02.2011 23:00

- 39 Stürme
- Ausgewählt nach Sturmfluthöhe auf Norderney.
- Von 1962 bis 2011.
- Eine Sturmepisode dauert ca. 4-5 Tage.
- COSMO-de Daten werden alle 15 min geschrieben
- Beide COSMO-Modelle laufen im **Vorhersage-** und **Nudging-**Modus.
 - Mini-Ensemble aus 4 Member.

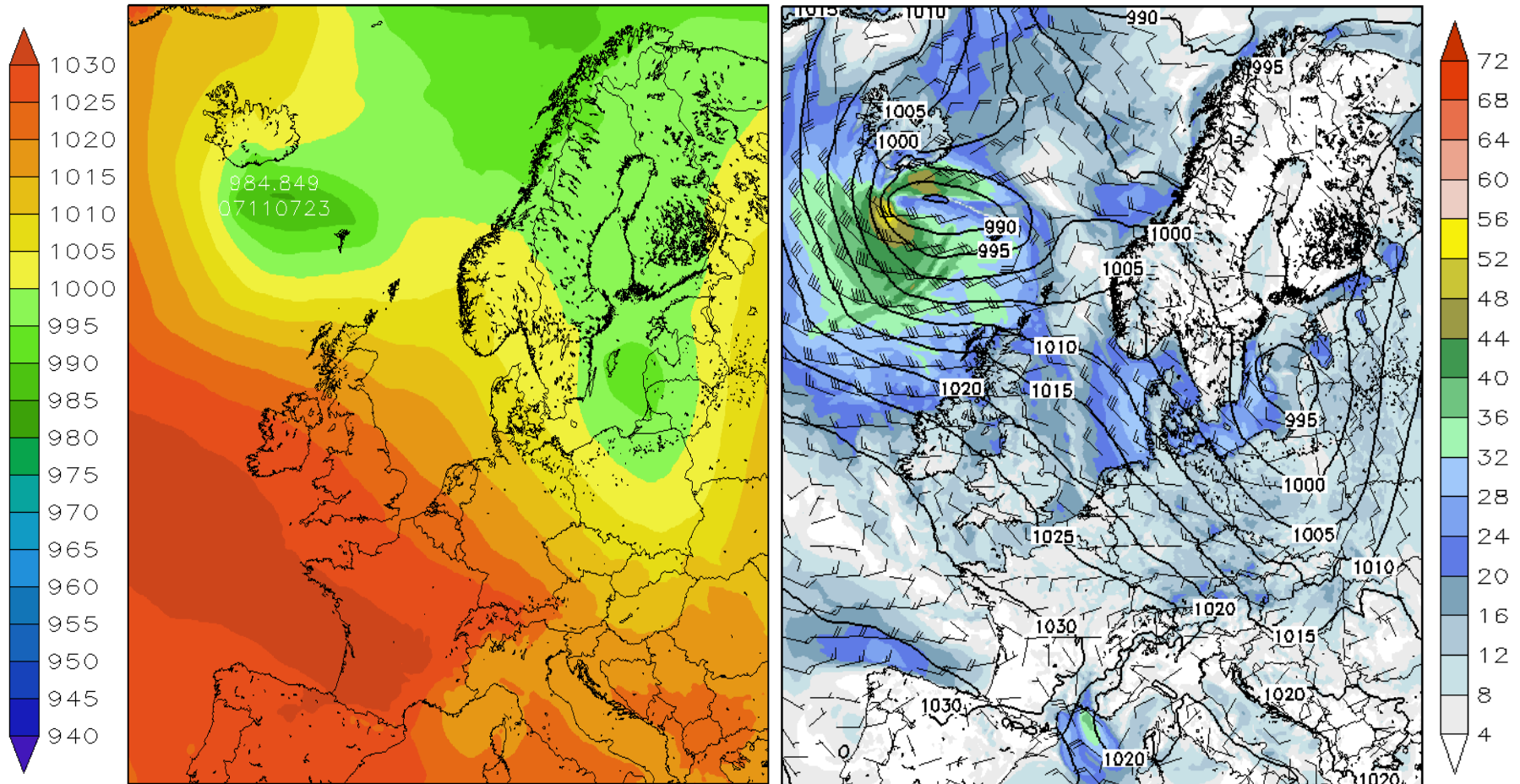
“Tilo”

Beispiel: Sturm "Tilo" 2007

Sturm "Tilo" 7.11.07, 23 UTC – 11.11.07, 00 UTC; COSMO-eu Nudging Läufe

PMSL/hPa_COSMO-EU_2007110723

FF_10m / kn



Beispiel: Sturm "Tilo" 2007

PMSL / hPa – Wind speed (FF_10m) at 10m / kn

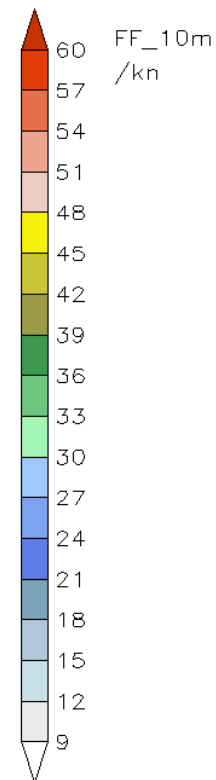
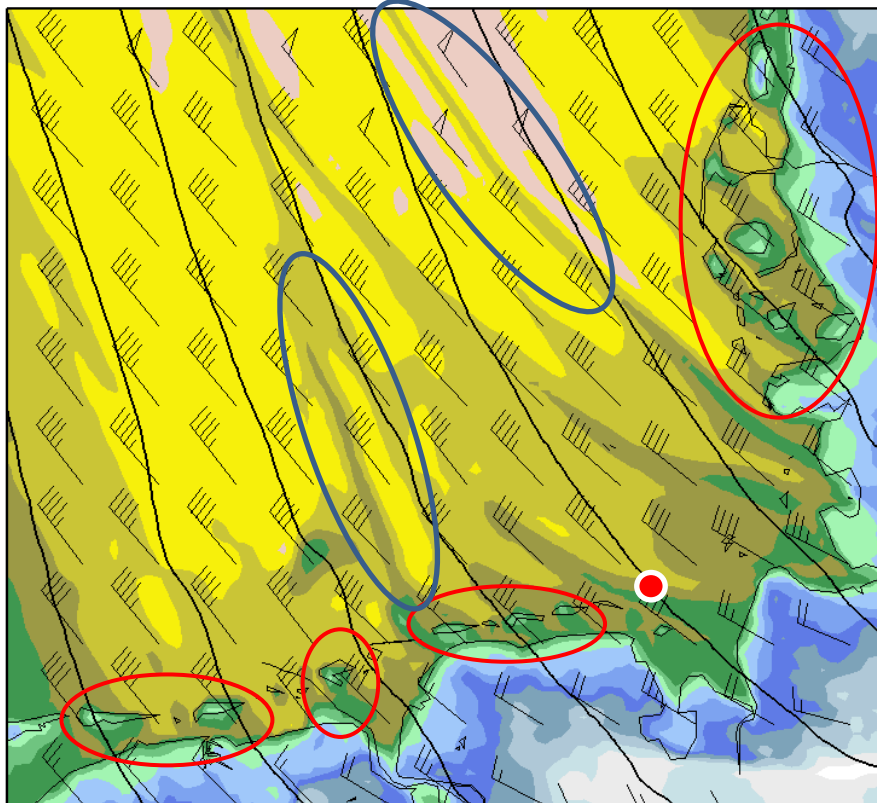
Modell:
COSMO-DE 2.2

Version:
4.25.1.1

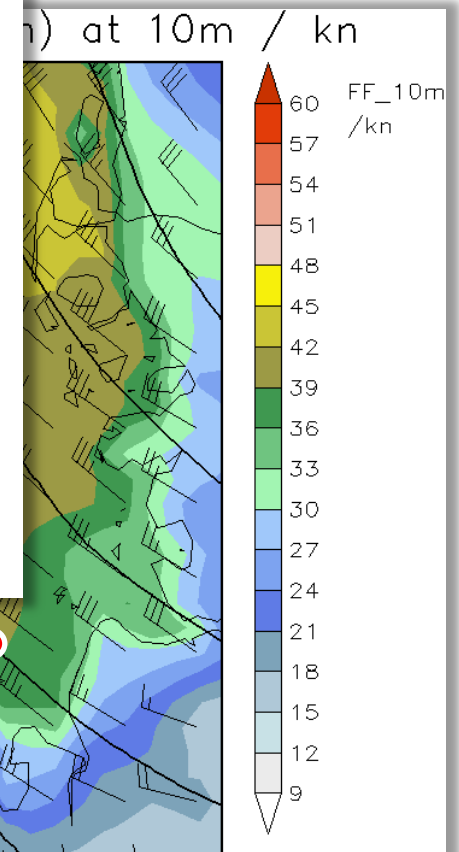
Nudgecast?
yes

valid time:
09.11.2007
09:00 UTC

v_max:
49.8714 kn
92.3618 km/h

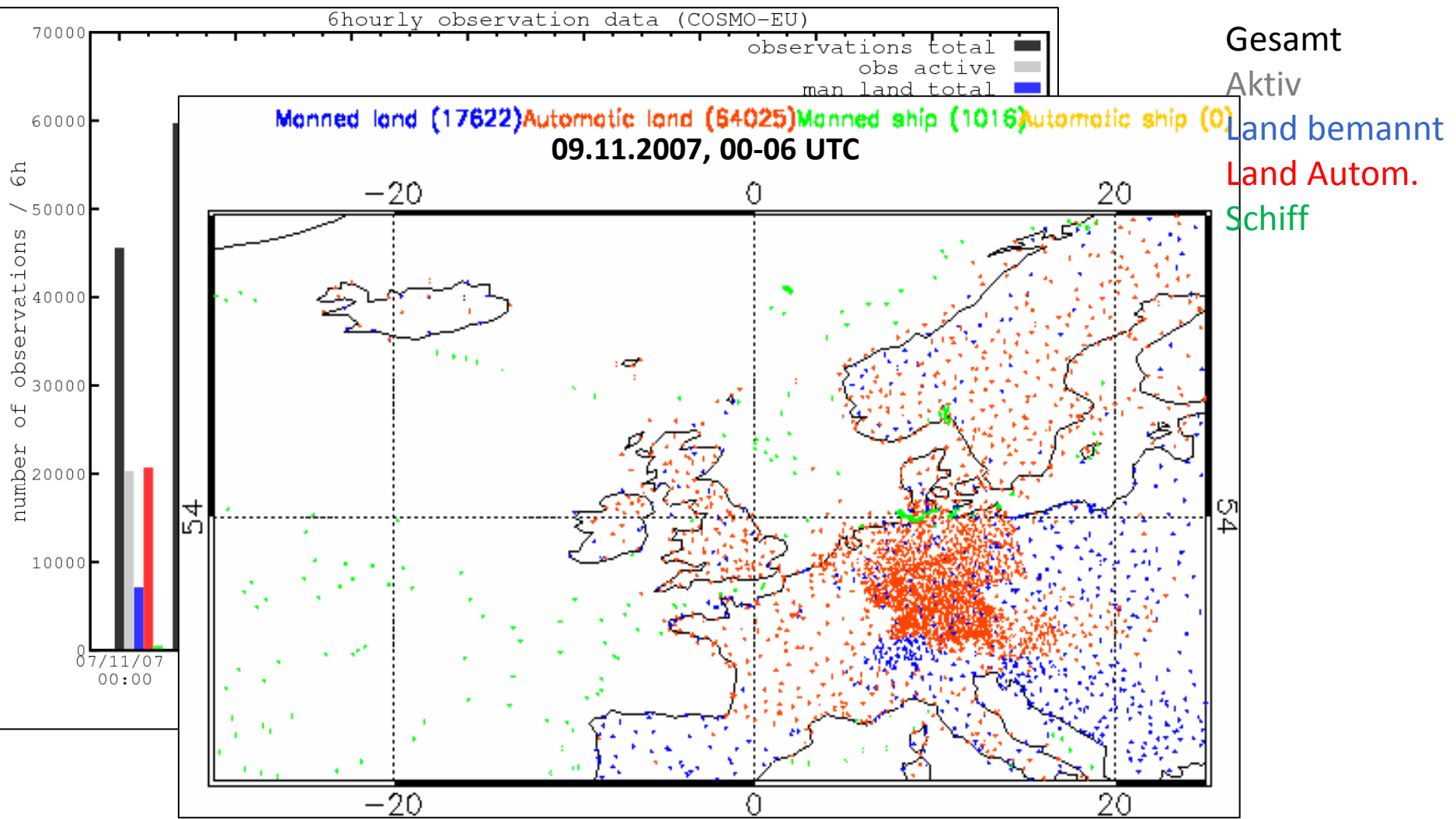


- Hohe Auflösung mit Leewirkung der Inseln



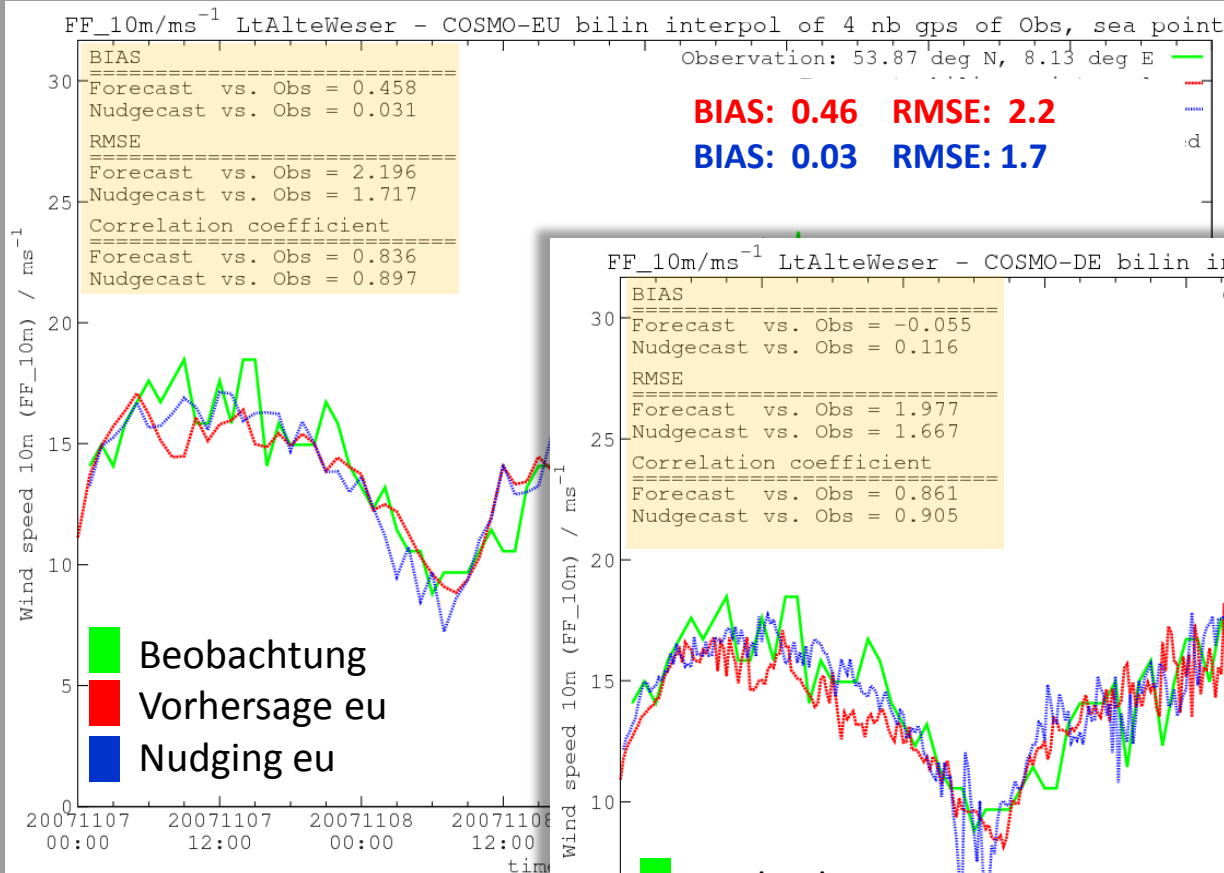
- Keine Inseln bei 7 km.

Beobachtungen während Sturm "Tilo" 2007



- Nutzung von Radiosonden-, Flugzeug, Windprofiler- und SYNOP-Beobachtungen.

Verifikation: Leuchtturm Alte Weser

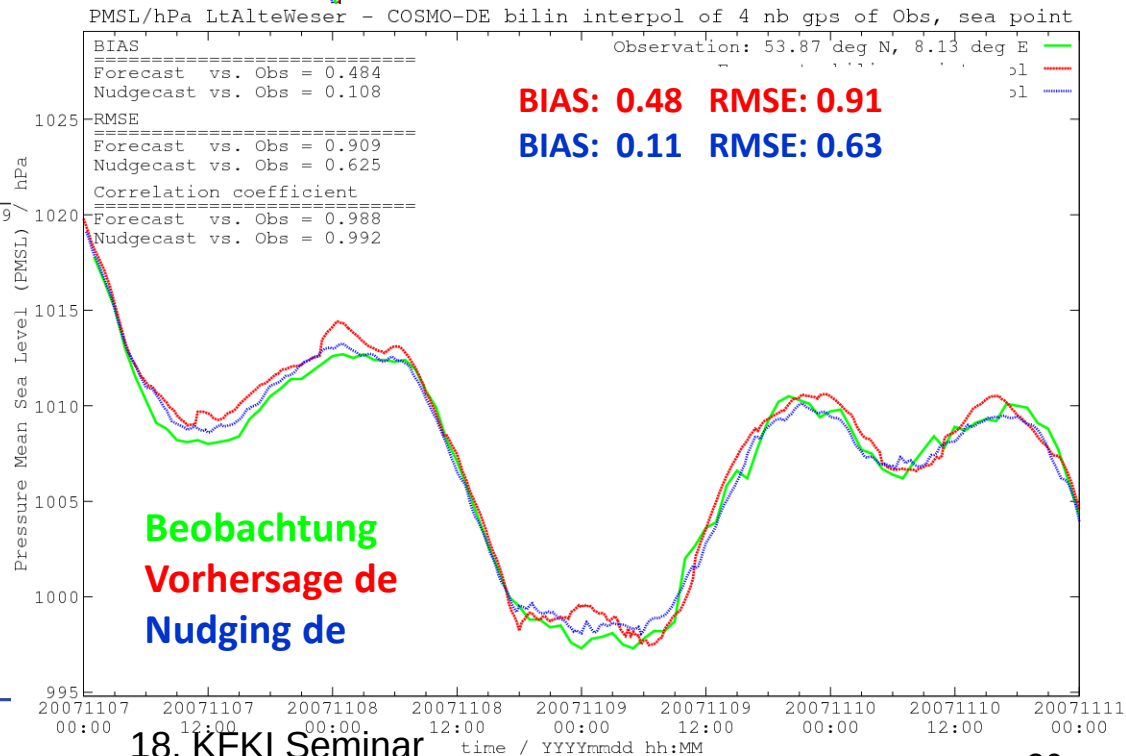
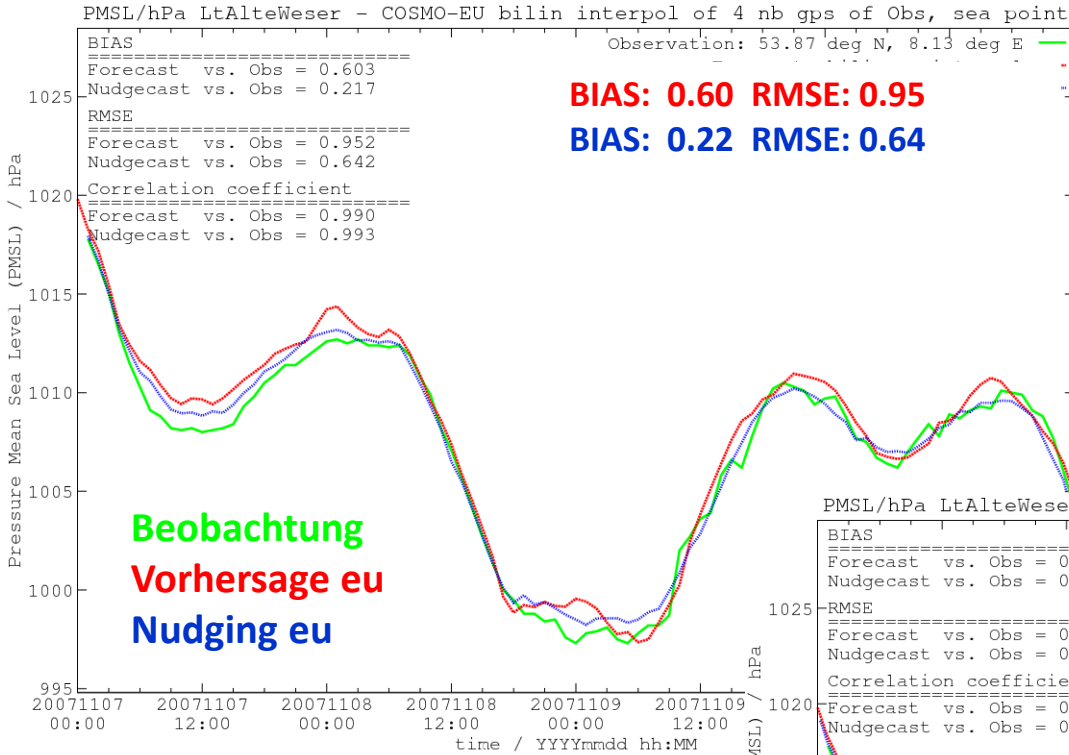


- Nudging etwas besser als Vorhersage für RMSE.
- Keine Überschätzung des 10m Winds.

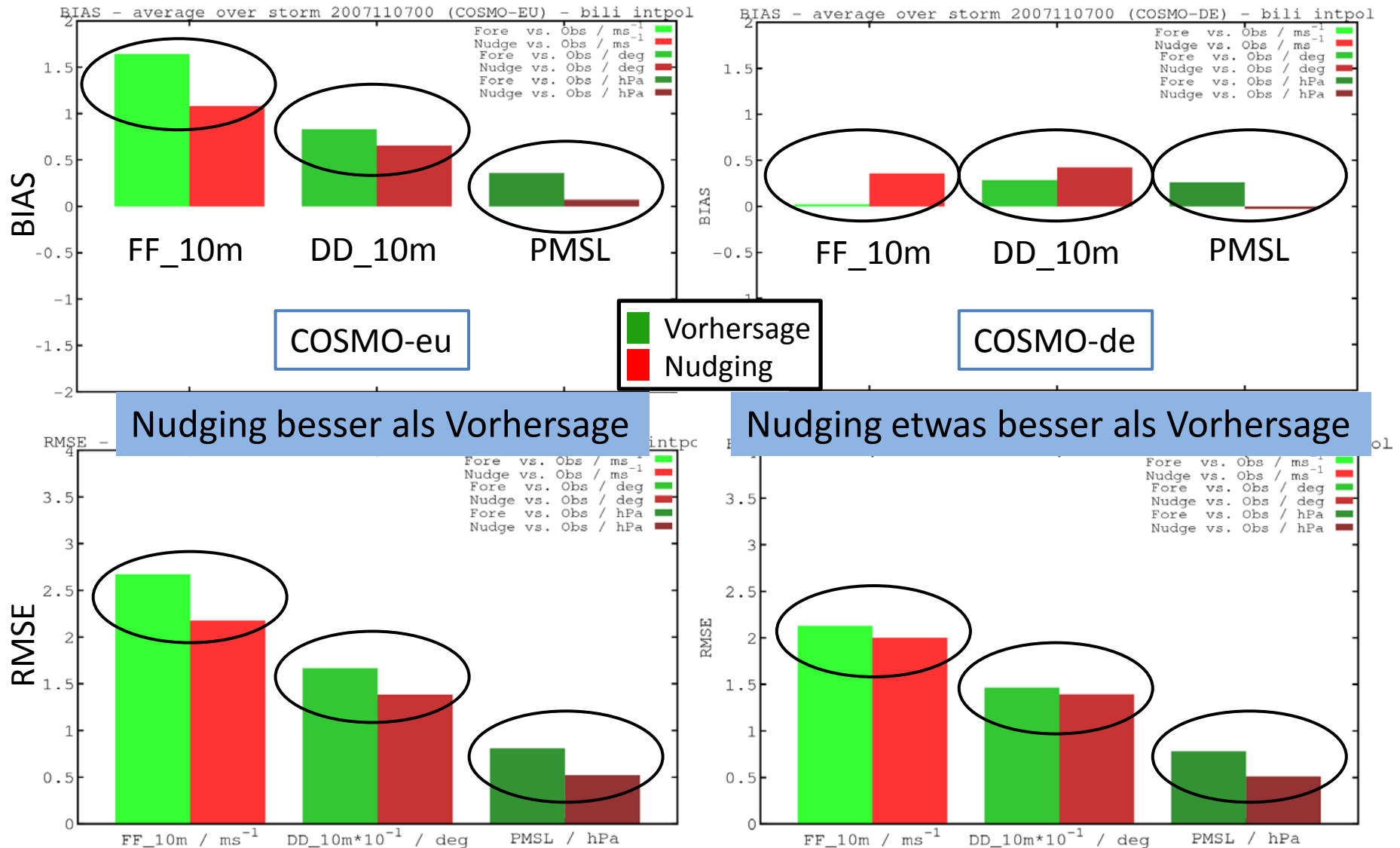


- Nudging etwas besser als Vorhersage.
- 10m Wind zu stark.

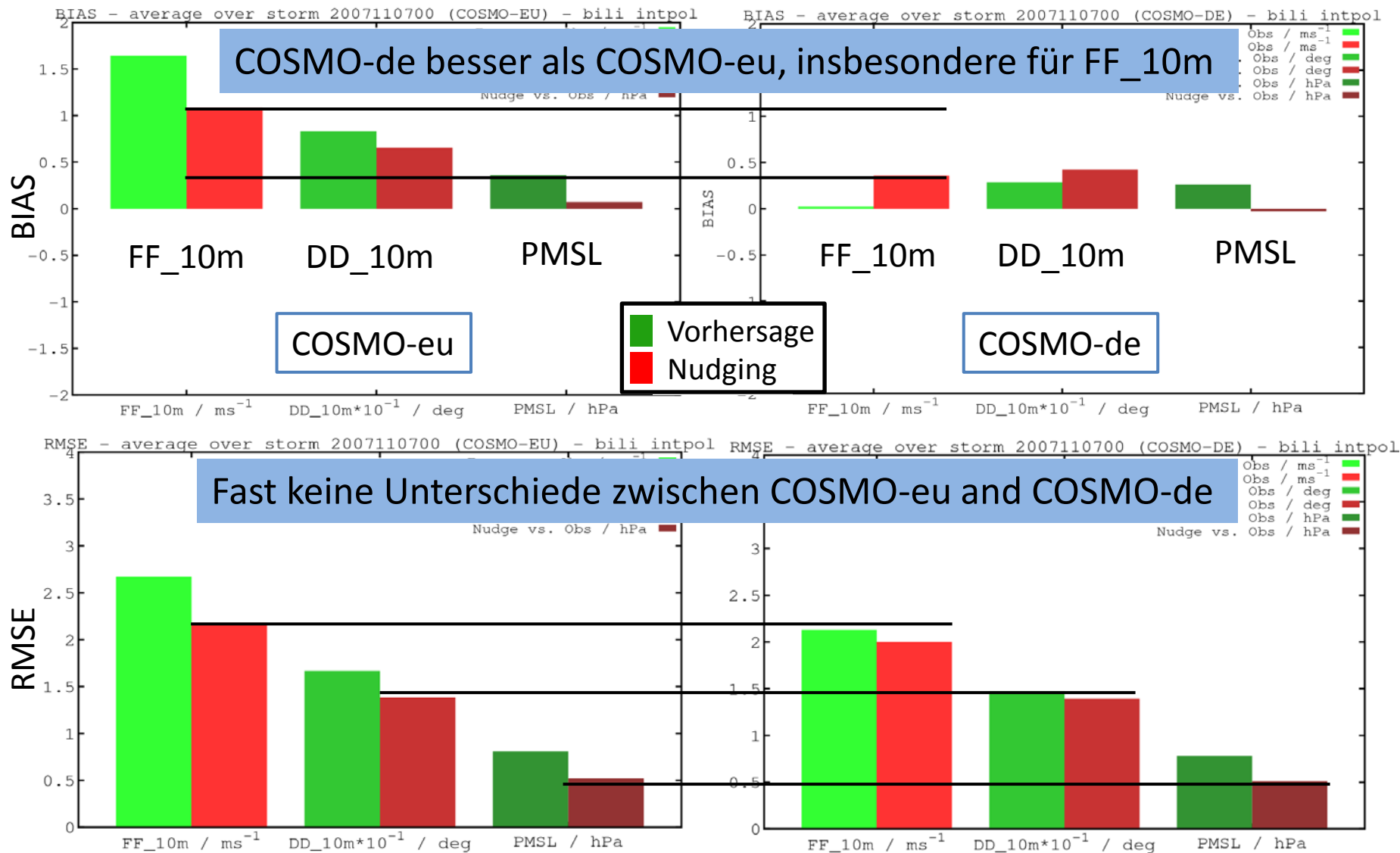
Verifikation Druck



Verifikation Sturm "Tilo"



Verifikation Sturm "Tilo"

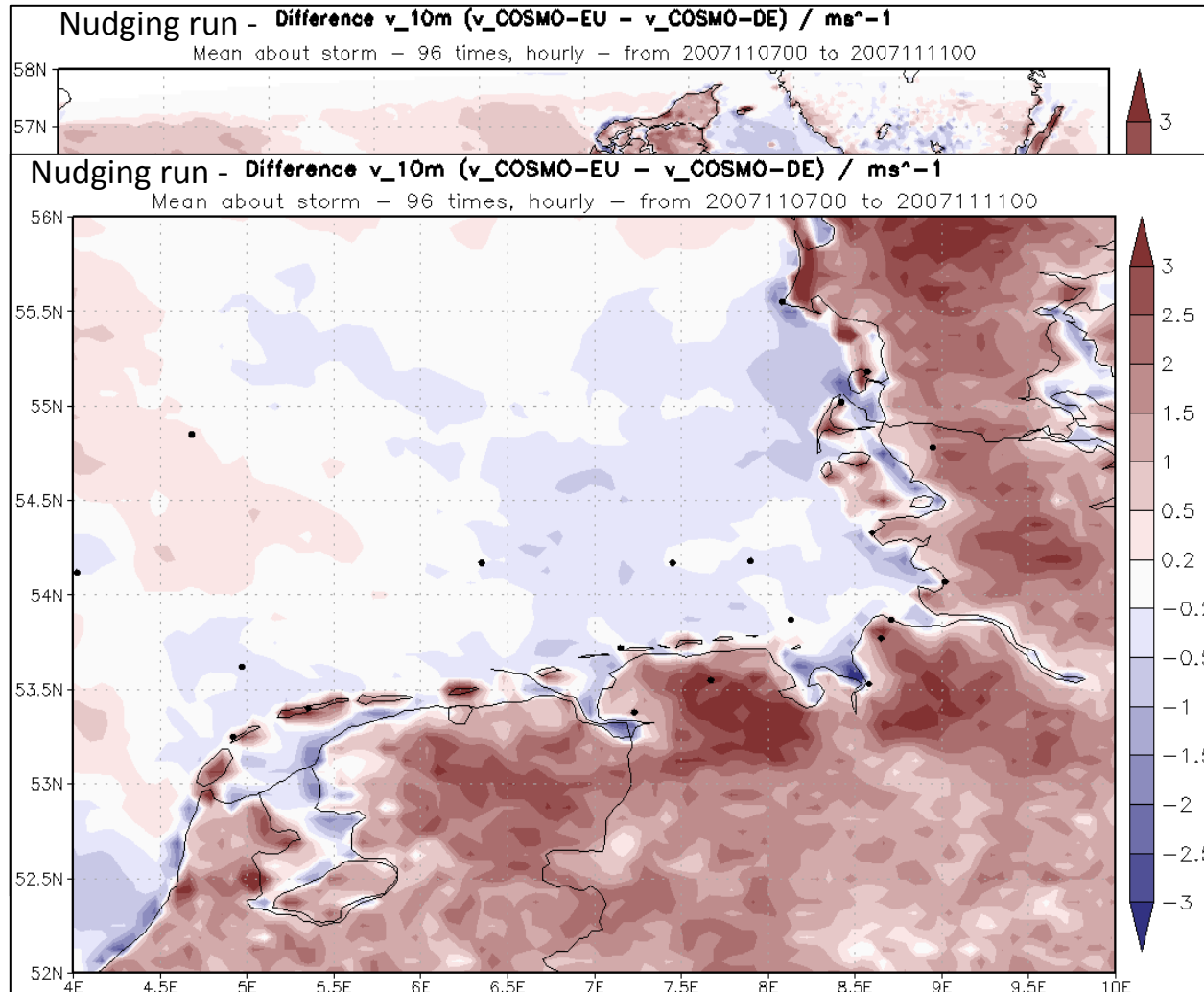


Verifikation von reduziertem Druck (PMSL), Windstärke- und Richtung in 10m (FF_10m, DD_10m) von 6 Stürmen

- Nudging im Vergleich zu Vorhersage:
 - PMSL: Nudging immer besser als Vorhersage.
 - FF_10m: Nudging besser als Vorhersage, aber nicht in allen Fällen.
 - DD_10m: Nudging besser als Vorhersage, aber nicht in allen Fällen.

- COSMO-eu im Vergleich zu COSMO-de:
 - PMSL: sehr ähnlich
 - FF_10m: COSMO-de besser als COSMO-eu (COSMO-eu überschätzt die Windgeschwindigkeit)
 - DD_10m: COSMO-de besser als COSMO-eu.

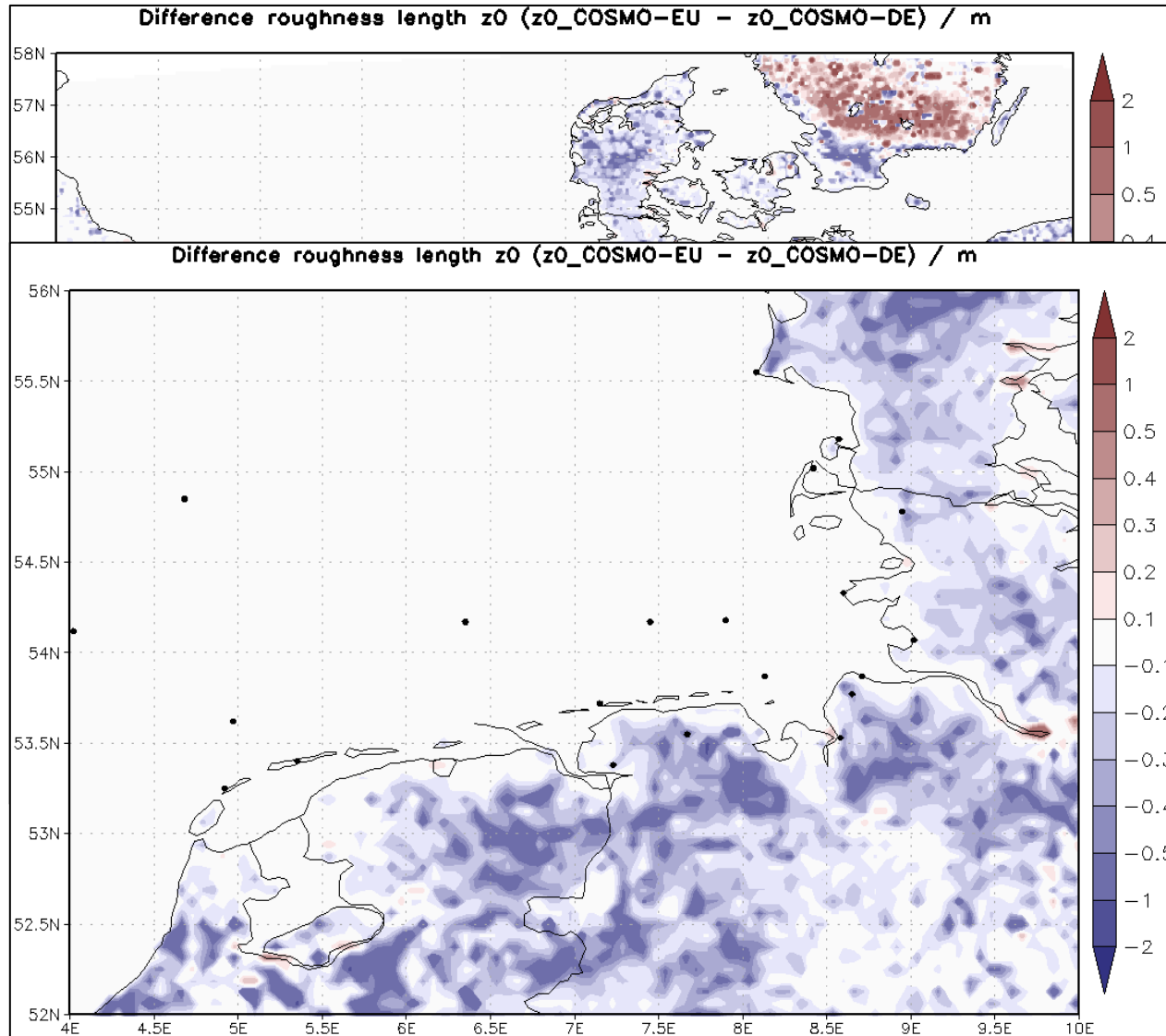
Woher kommt die Differenz der Windgeschwindigkeit von COSMO-eu und COSMO-de?



- Stärkerer Wind von COSMO-eu über Land außer im Gebirge.
- Ähnliche Winde über See.
- Unterschiede nahe der Küste wegen unterschiedlicher Land-Meer-Maske

- ☐ Gleiches Turbulenzschema.
- ☐ Woher kommen die Unterschiede?

Unterschiedliche Rauhgigkeit



- Rauhgigkeit von COSMO-eu wurde von **GLC2000** abgeleitet, die von COSMO-de von **Globecover**.
- Unterschiede der Windgeschwindigkeit im Tiefland auf Grund von unterschiedlicher Rauhgigkeit.
- Keine Unterschiede über der Nordsee

- Die numerischen Wettervorhersagemodelle des Deutschen Wetterdienstes GME, COSMO-EU, COSMO-DE, COSMO-DE-EPS und die Datenassimilation wurden kurz vorgestellt
- Ausgehend von Reanalysen des EZMW wurden hochaufgelöste Windfelder für 39 historische Stürme in der Nordsee berechnet.
- Pro Sturm gibt es ein Mini-Ensemble von 4 ähnlichen Simulationen mit COSMO

Weitere Arbeiten

- COSMO-eu-Läufe mit von Globecover abgeleiteter Rauigkeit.
- Sensitivität des Windes auf die Turbulenzparametrisierung von COSMO
- Parametrisierung der Rauigkeit von Wasser:
Änderungen der Charnock-Konstanten