



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI  
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

# Flugwetterprodukte MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

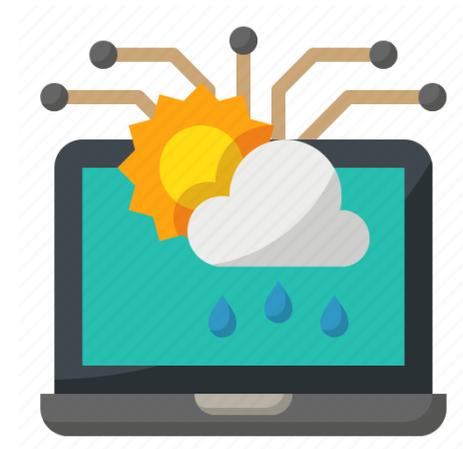
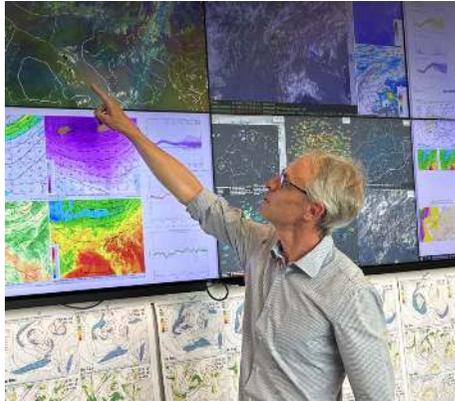


# Inhalt

- Modelldaten vs. Interpretierte Wetterinformationen
- Umstellung COSMO → ICON - erste Erfahrungen
- Anwendung Modelldaten
- Fokusthemen:
  - Föhn
  - Kaltluftausfluss bei Gewittern (Böenfronten)
- Varia



# Modelldaten vs. Interpretierte Wetterinformationen

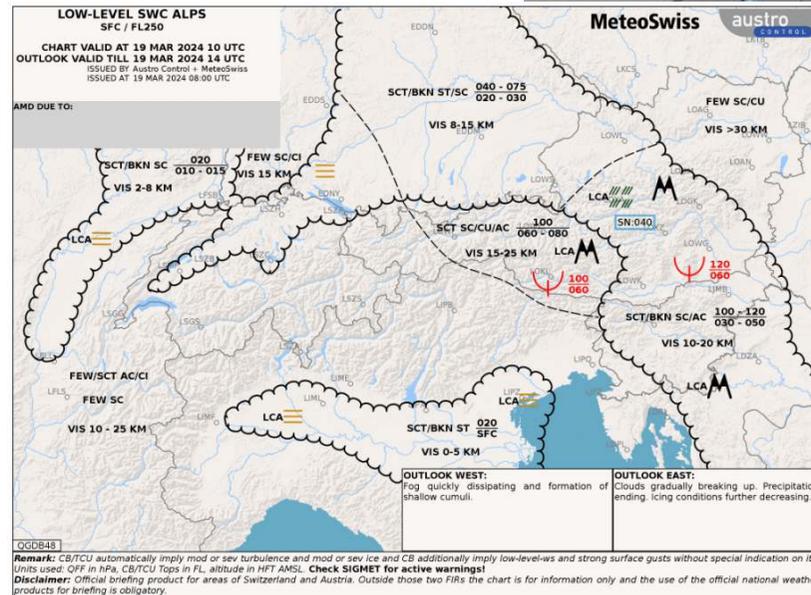
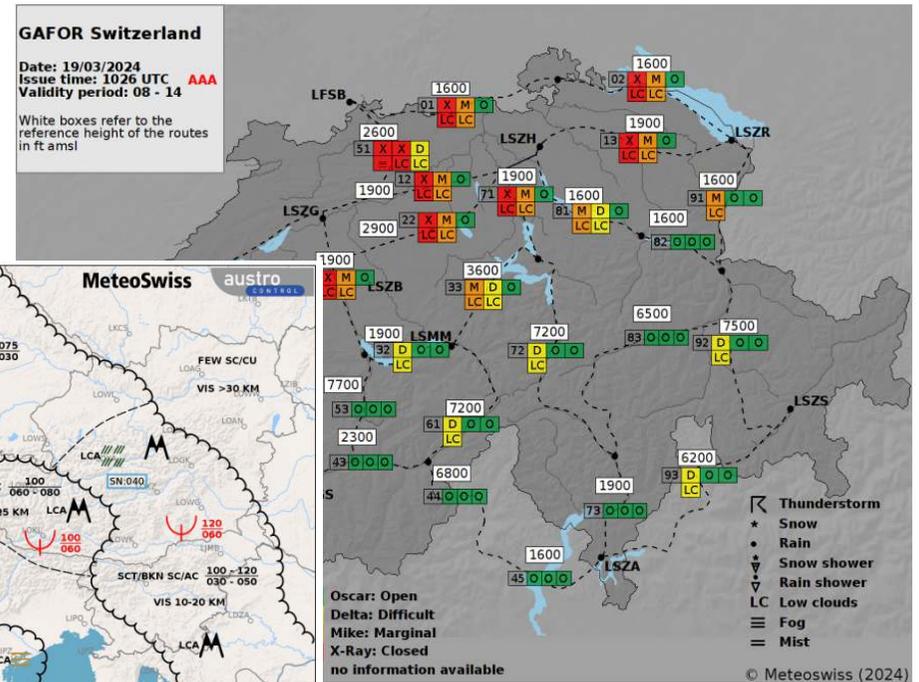
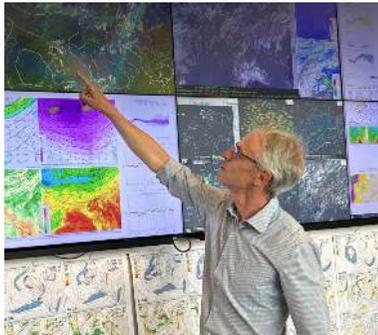


- Prognose auf Basis von Wetter- und Prognosedaten manuell interpretiert durch Prognostiker
- Manueller Prozess

- Prognose berechnet auf Basis des gemessenen IST-Zustands der Atmosphäre
- vollautomatisierter Prozess



# Prognoseprodukte mit interpretierten Wetterinformationen



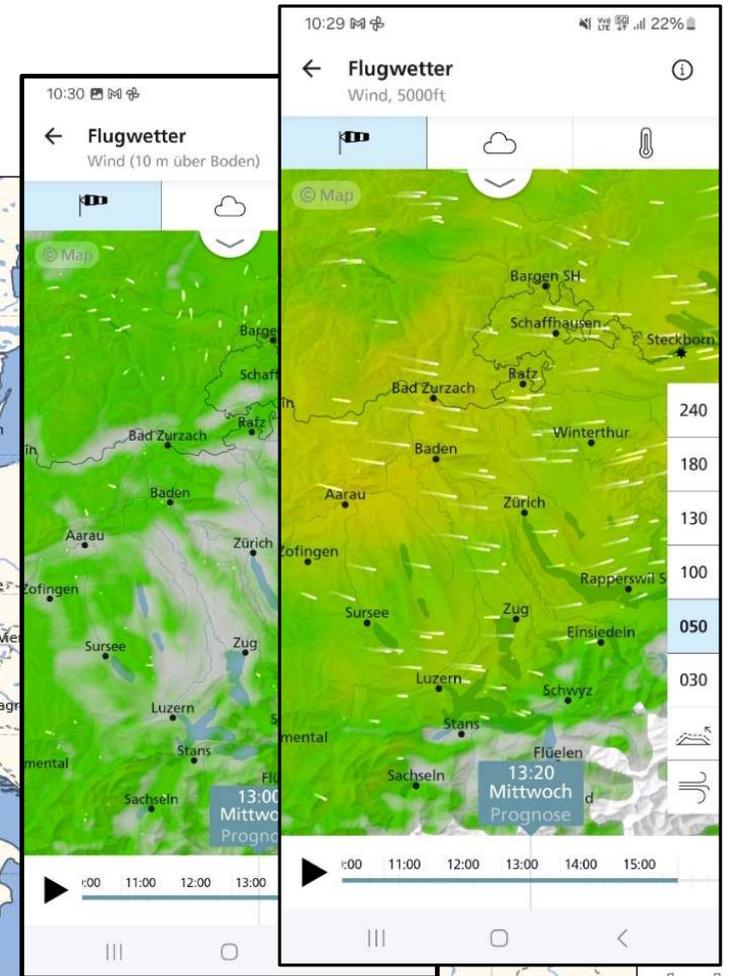
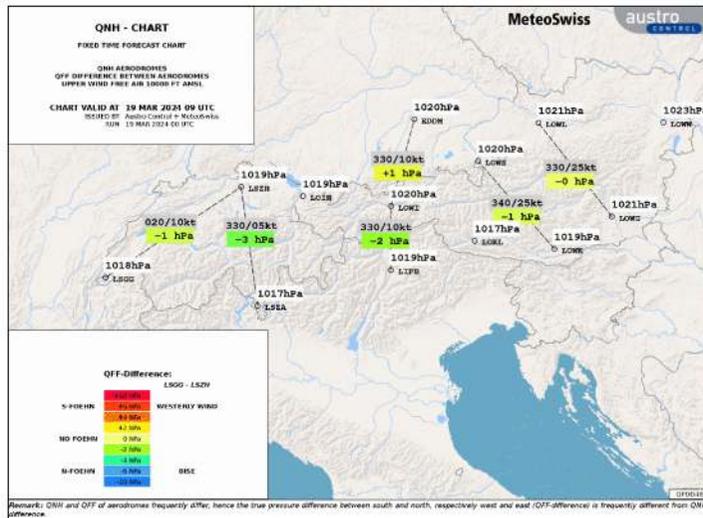
**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier



# Prognoseprodukte auf Basis von Modelldaten



**MeteoSchweiz**

0°

10°E

20°E

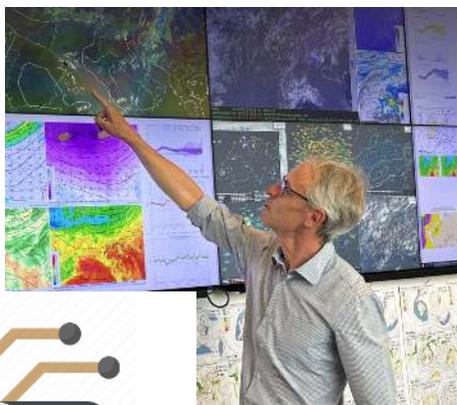
30°E

40°E



# Textprognose Ballon

...enthält sowohl Modelldaten als auch interpretierte Wetterinformationen



Ballonprognose für die Deutschschweiz  
ausgegeben von der Prognose- und Flugwetterzentrale MeteoSchweiz,  
Zürich Flughafen  
am Dienstag, dem 19. März 2024 um 06:00 Uhr, gültig bis heute  
Mittag.

Sonnenaufgang: in Zürich um 6:30 Uhr.  
Sonnenuntergang: in Zürich um 18:38 Uhr.

Wetterlage:  
Heute Dienstag liegt der Alpenraum unter schwachem  
Hochdruckeinfluss in milder Luft.

Wolken, Sicht, Wetter:  
Heute Vormittag verbreitet Nebel oder tiefe Hochnebelfelder mit  
Obergrenze um 700 Meter. Gegen Mittag vielerorts Auflösung.  
Sichtverhältnisse oberhalb des Nebel gut.

Wind (Richtung in Grad/Mittelwind in Knoten) | Temperatur (Grad  
Celsius):

	06:00 Uhr	08:00 Uhr	10:00 Uhr	12:00 Uhr
Östl.				
Mittelland				
3000 m	340/09   -05	340/11   -04	350/12   -03	340/06   -03
2000 m	060/03   +00	130/03   +00	180/04   +01	300/04   +02

MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

6



# Textprognose Ballon

Ballonprognose für die Schweiz  
ausgegeben von der Prognose- und Flugwetterzentrale MeteoSchweiz, Zürich Flughafen  
am Donnerstag, den 7. März 2024, 5:00 Uhr gültig bis Mitternacht

Sonnenaufgang in Zürich um 06:54  
Sonnenuntergang in Zürich um 18:21

Wetterlage:  
test

Wolken, Sicht, Wetter:  
test

Wind (Richtung in Grad/Mittelwind in Knoten) | Temperatur (Grad Celsius):

## Östliches Mittelland

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.
3000m	250/07 -09	260/05 -08	260/05 -08	270/06 -07
2000m	260/04 -01	150/05 -01	130/08 -01	130/07 -00
1500m	090/07 +01	100/05 +00	110/03 +01	100/04 +05
1000m	140/14 +03	130/25 +02	130/20 +03	140/15 +05
750m	090/07 +01	100/05 +00	110/03 +01	100/04 +05
Boden	040/03 -00	040/05 +00	050/08 +03	050/10 +08

## Zentrales Mittelland

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.
3000m	260/08 -08	250/07 -08	250/09 -08	280/06 -07
2000m	180/01 -01	120/08 -01	130/06 -00	110/07 +00
1500m	070/10 +00	090/09 -01	070/10 -02	070/08 +02
1000m	120/08 +03	130/10 +03	130/15 +03	130/15 +04
750m	070/10 +00	090/09 -01	070/10 -02	070/08 +02
Boden	060/03 -01	060/04 -00	050/05 +02	060/06 +08

Manuelle Erstellung durch  
Prognostiker

Modellwerte

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

7



# Textprognose Ballon

## Westliches Mittelland

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.
3000m	220/14 -08	210/14 -08	200/12 -07	220/14 -07
2000m	110/09 -01	120/08 -00	150/07 +00	180/06 +01
1500m	050/05 +00	030/02 -03	050/03 -02	060/03 +01
1000m	070/04 +02	040/01 +02	040/02 +03	360/01 +03
750m	050/05 +00	030/02 -03	050/03 -02	060/03 +01
Boden	110/02 -01	040/00 -00	020/02 +01	020/03 +06

Modellwerte

Tageshöchsttemperatur: Tageshöchsttemperatur: 8 bis 10  
Nullgradgrenze: Nullgradgrenze: 1800m

Manuelle Erstellung durch Prognostiker

Thermik:  
keine

QNH (hPa)

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
Stuttgart	1014	1014	1013	1012
Zurich	1013	1013	1012	1010
Geneva	1012	1012	1011	1008
Lugano	1016	1017	1017	1016

Modellwerte

Inversion auf der Alpennordseite:  
test

Manuelle Erstellung durch Prognostiker

Besondere Hinweise:  
keine

Gefahren:  
keine

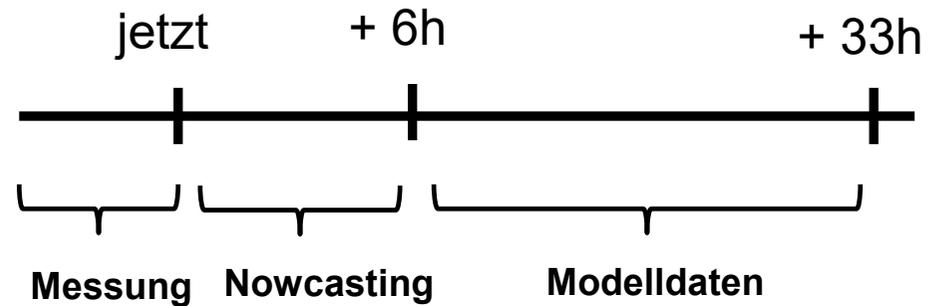
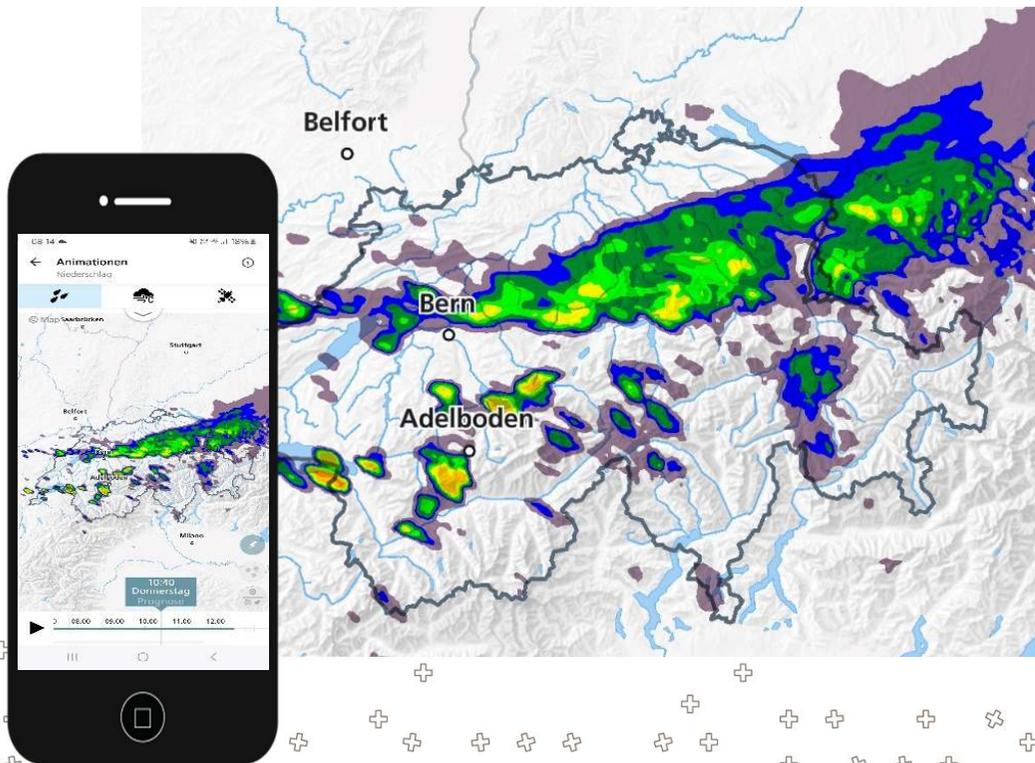
Wetterentwicklung für Freitag, den 8. März 2024 und Samstag, den 9. März 2024:  
das gleiche

3.2024 D. Gerstgrasser/ S. Meier



# Wetterradar

...unterschiedliche Datenquellen in Abhängigkeit des (Vorhersage-) Zeitpunkts



**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

9



# Modelldaten: Umstellung COSMO auf ICON

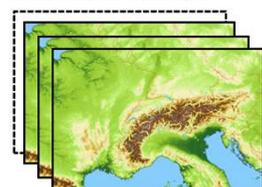
- aktuell präoperationelle Phase
- operationelle Einführung: 28. Mai 2024
- 28. Mai - 31. Juli 2024: Parallelbetrieb COSMO und ICON
- 31. Juli 2024: Ausserbetriebnahme COSMO



# Projektziel ICON-22

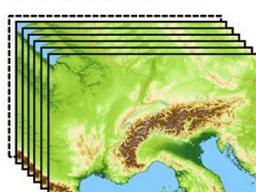
## COSMO-1E

33 hour forecasts, 8x per day  
1.1 km grid size  
11 ensemble members



## COSMO-2E

5 day forecasts, 4x per day  
2.2 km grid size  
21 ensemble members

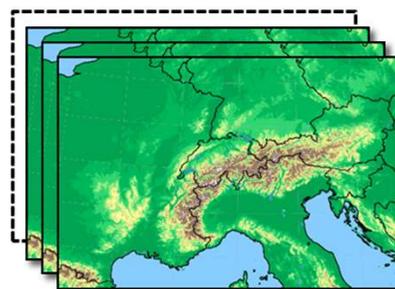


new models:

## ICON-CH1-EPS and ICON-CH2-EPS

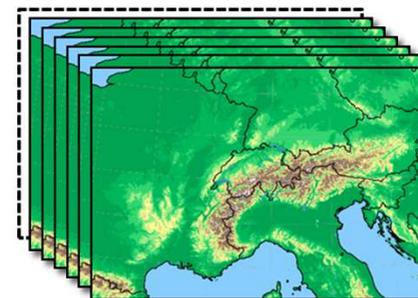
### ICON-CH1-EPS

33 hour forecasts, 8x per day  
1.1 km grid size  
11 ensemble members



### ICON-CH2-EPS

5 day forecasts, 4x per day  
2.2 km grid size  
21 ensemble members



«quasi 1:1  
replacement»

«as fast as possible»

MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

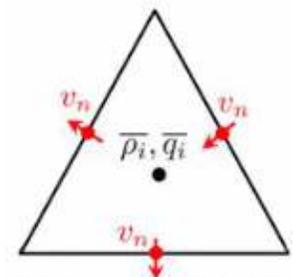
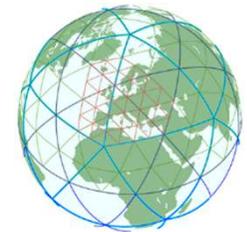
D. Gerstgrasser / S. Meier

11



# ... mit neuen Funktionen

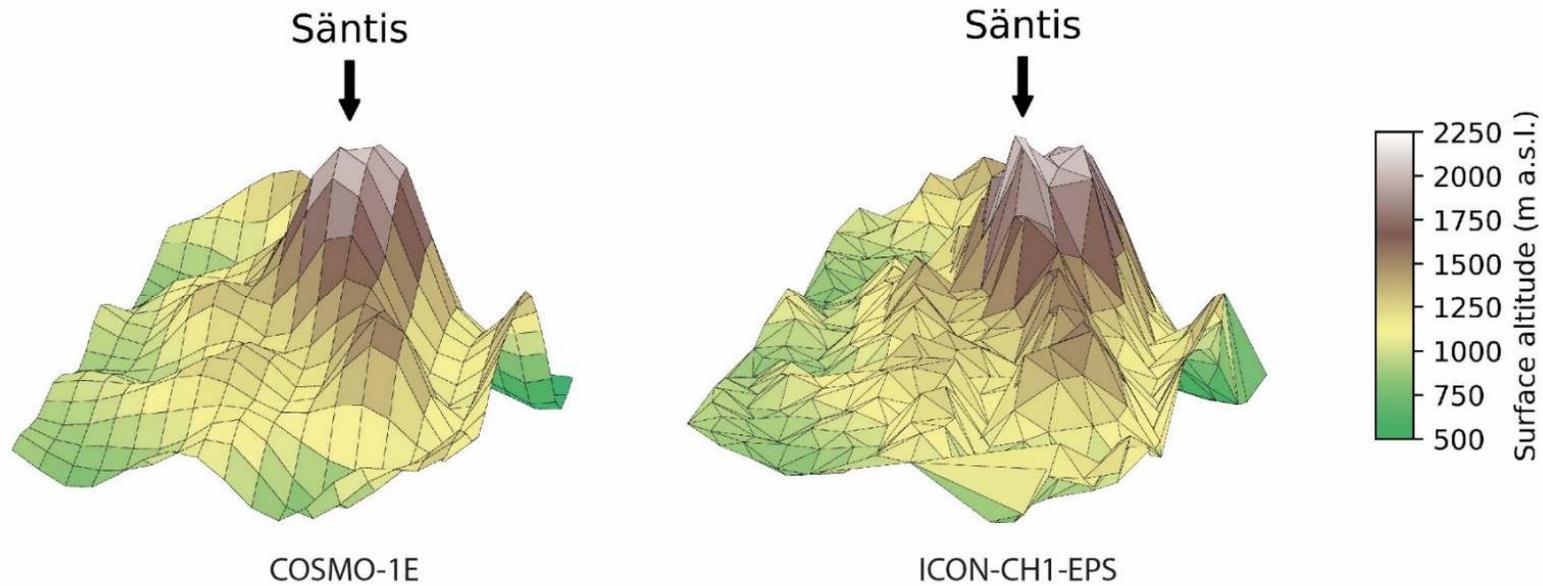
- uses triangular grid; no singularity at the pole
- can be used as global and regional model
- can be used for resolutions from ~100 km to ~100 m  
→ allows closer cooperation of weather and climate modelling communities
- formulation of equations allows local conservation of mass
- allows refinement of the grid online  
→ more flexibility in the computational domain
- high numerical stability supports steeper orography
- new time-stepping method, and more accurate coupling of dynamics and physics



Triangular C-Grid



# Gleiche Auflösung, genauere Topographie



**New formulation of the pressure gradient solver allows steeper topography.**

**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

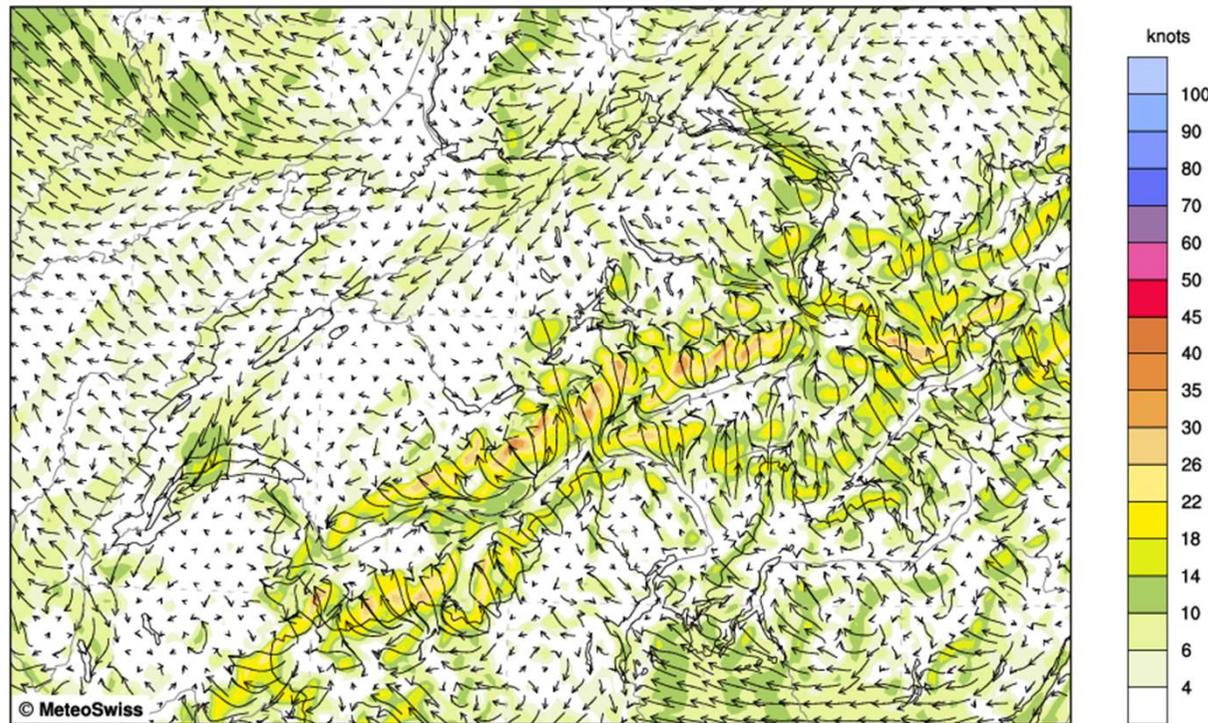
13



# Fallbeispiel Modellvergleich Wind 10m

COSMO-2E ENSEMBLE\_FORECAST  
10m Wind Speed (CTRL)

Sat 10 Feb 2024 09UTC  
08.02.2024 06UTC +51h



**COSMO-2E**

**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

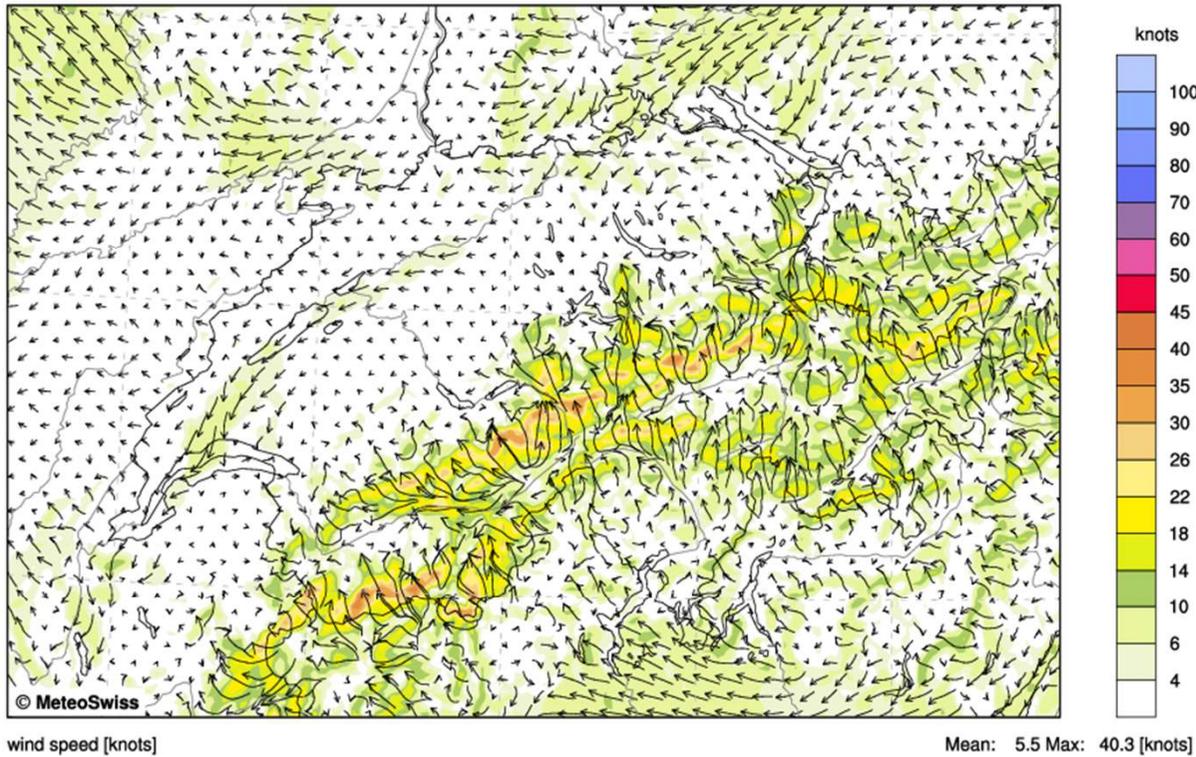
14



# Fallbeispiel Modellvergleich Wind 10m

ICON-CH2-EPS ENSEMBLE\_FORECAST  
10m Wind Speed (CTRL)

Sat 10 Feb 2024 09UTC  
08.02.2024 06UTC +51h



**ICON-CH2**

**MeteoSchweiz**

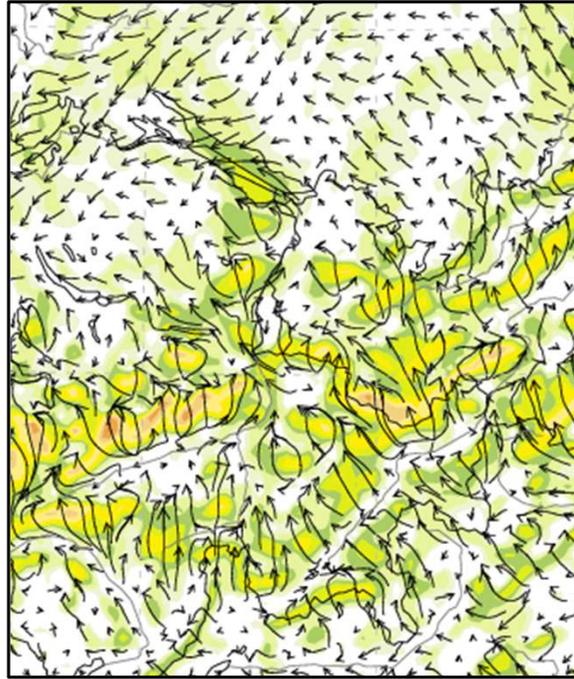
© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

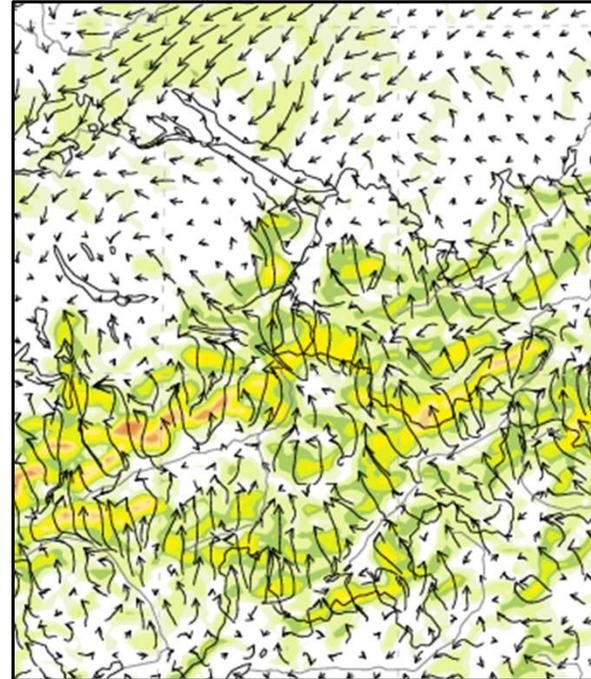
15



# Fallbeispiel Modellvergleich Wind 10m



**COSMO-2E**



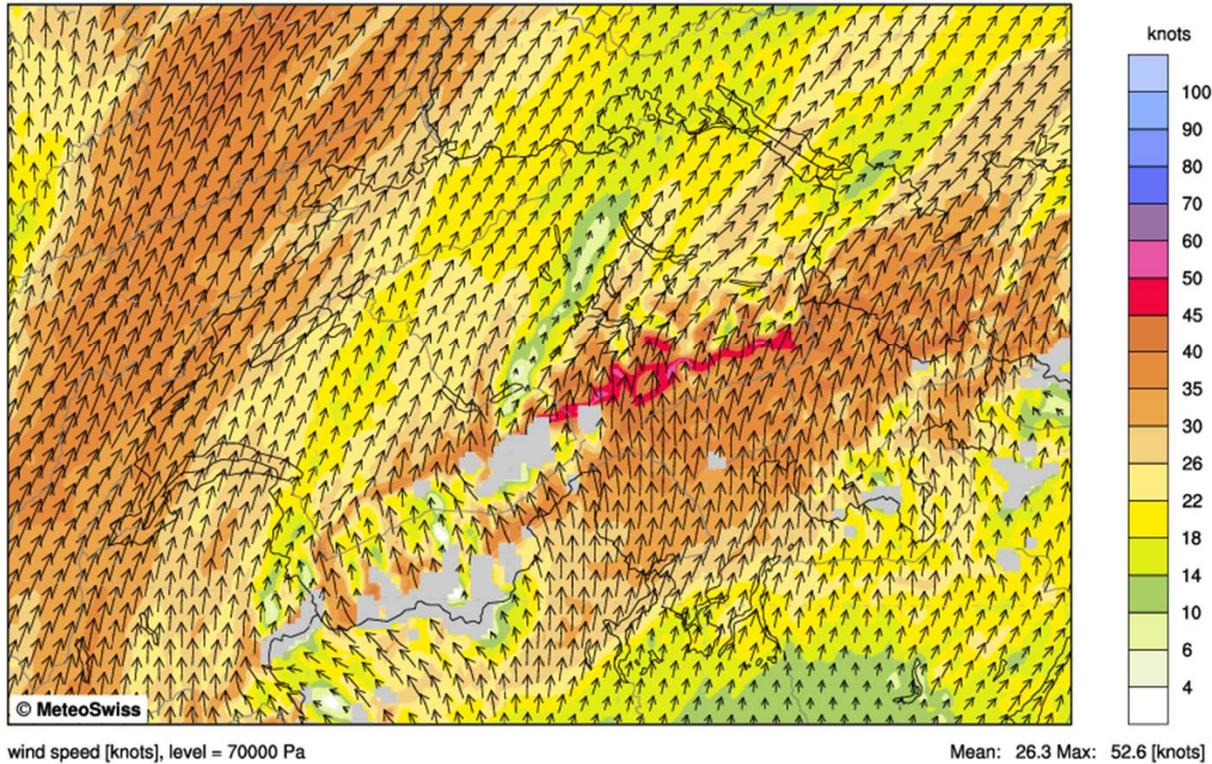
**ICON-CH2**



# Fallbeispiel Modellvergleich Wind 3000m

COSMO-2E ENSEMBLE\_FORECAST  
700hPa (3000m) Wind and Windspeed (CTRL)

Sat 10 Feb 2024 06UTC  
08.02.2024 12UTC +42h



**COSMO-2E**

MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

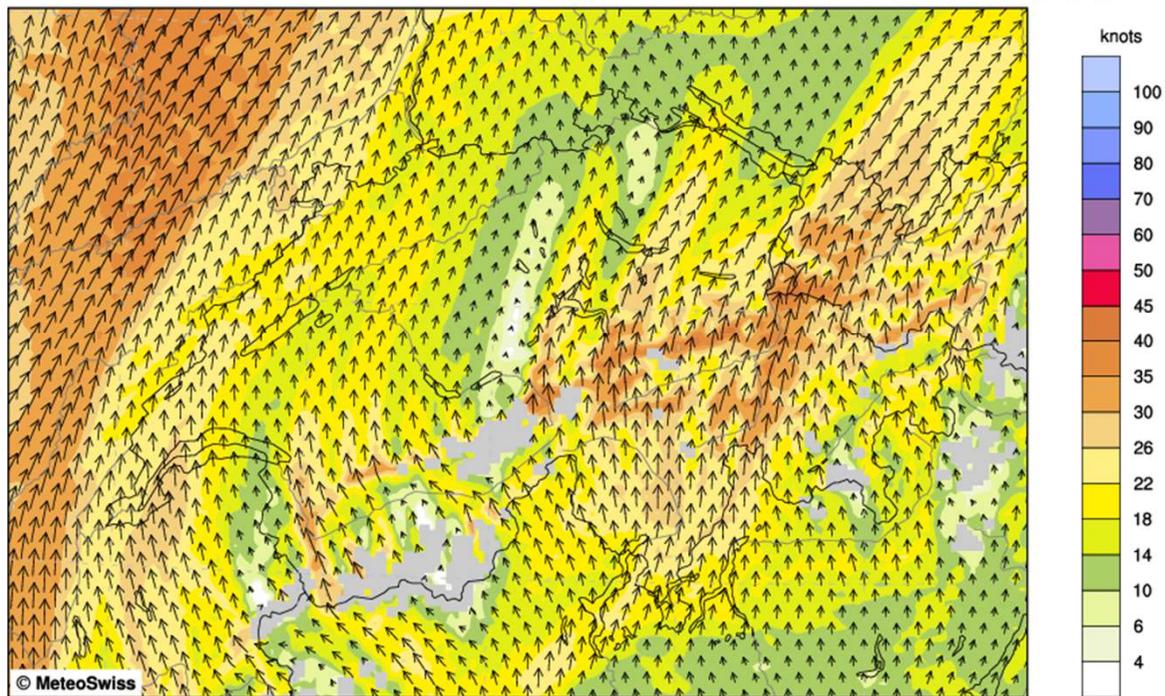
17



# Fallbeispiel Modellvergleich Wind 3000m

ICON-CH2-EPS ENSEMBLE\_FORECAST  
700hPa (3000m) Wind and Windspeed (CTRL)

Sat 10 Feb 2024 06UTC  
08.02.2024 12UTC +42h



**ICON-CH2**

wind speed [knots], level = 70000 Pa

Mean: 21.0 Max: 43.1 [knots]

**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

18



# Erste Erfahrungen ICON (Winter 2023/24)

## COSMO-1E

- **Wind 10m:** häufig zu hoch, v.a. Böen überschätzt
- **Höhenwind:** eher überschätzt
- **Föhn:** stösst systematisch zu weit ins Mittelland vor
- **Niederschlag:** kleinräumige Maxima bei Staulagen zu hoch

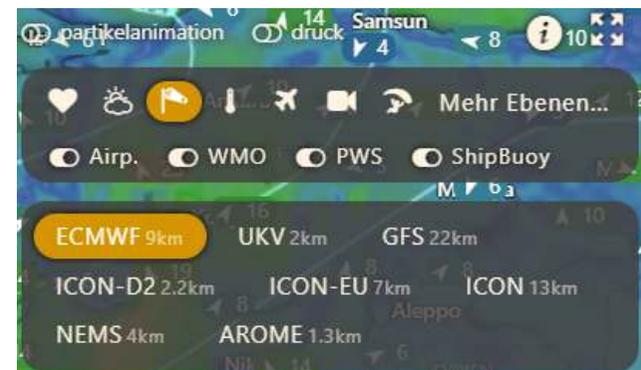
## ICON-1E

- **Wind 10m:** deutlich realistischer, teils leichte Unterschätzung
- **Höhenwind:** meist (etwas) tiefer als bei COSMO-1E
- **Föhn:** Föhngrenze oft korrekt modelliert
- **Niederschlag:** kleinräumige Maxima bei Staulagen zu hoch



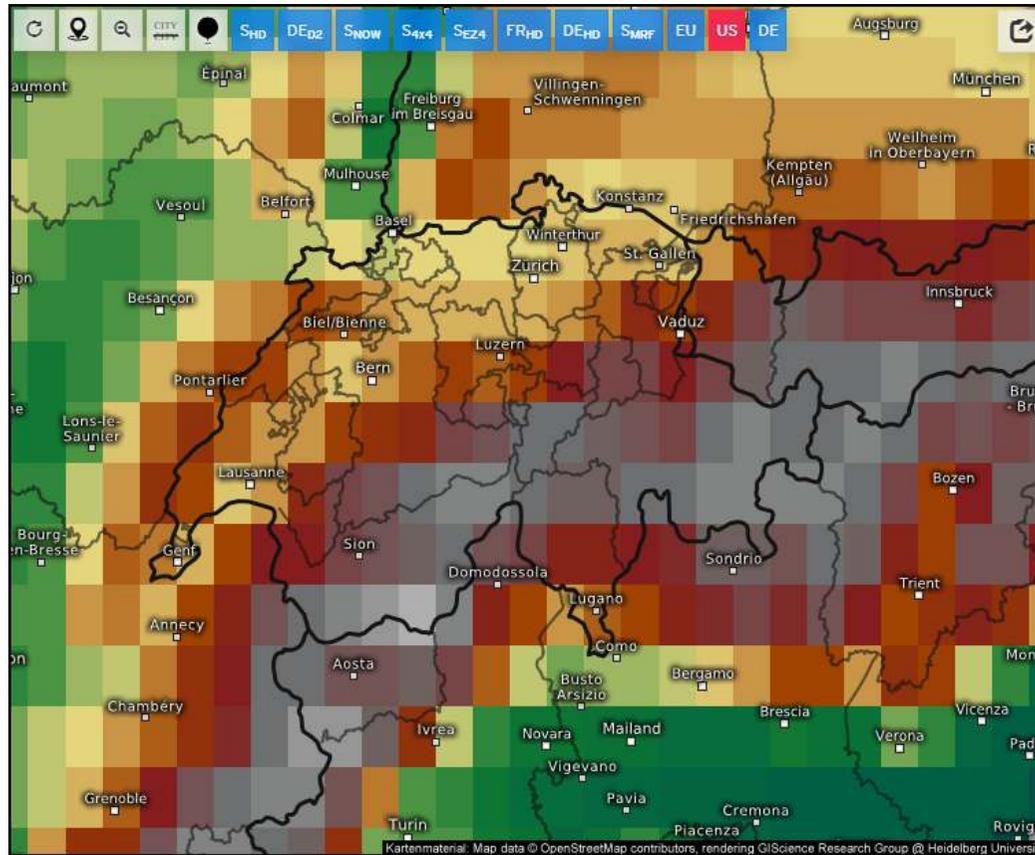
# Modell auf windy.com

- Sowohl globale, als auch lokale Modelle verfügbar
- je gröber die Modellauflösung, umso mehr ist die
- Topografie geglättet (Alpen flacher, Täler
- verschwinden) → grosser Einfluss auf Wind in den
- unteren Schichten
- Bestes Modell für weltweite Anwendung ausserhalb
- von höheren Bergen: ECMWF
- Modelle für Anwendung in den Alpen: ICON-D2,
- AROME





# Topographie GFS, 22km



MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

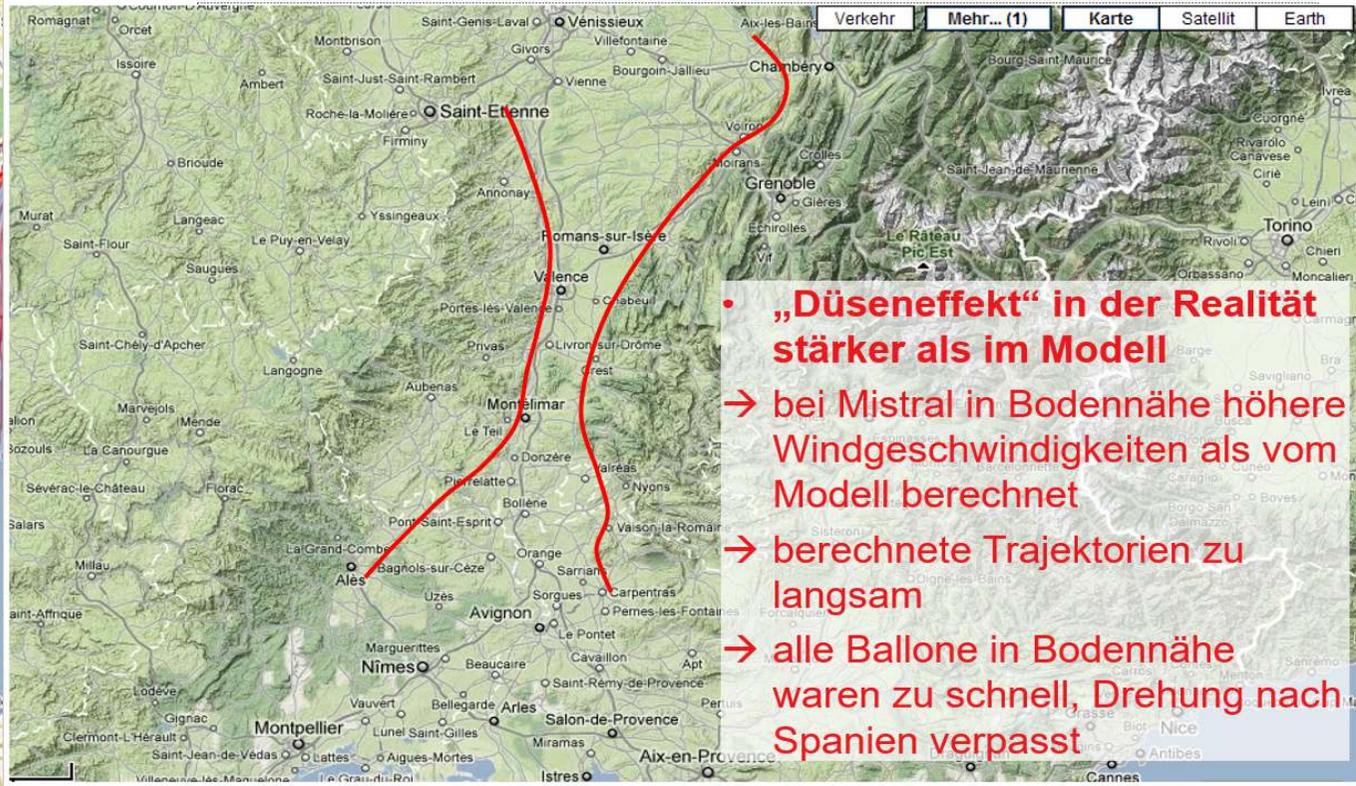
21



# Folgen?, z.B. GB 2009

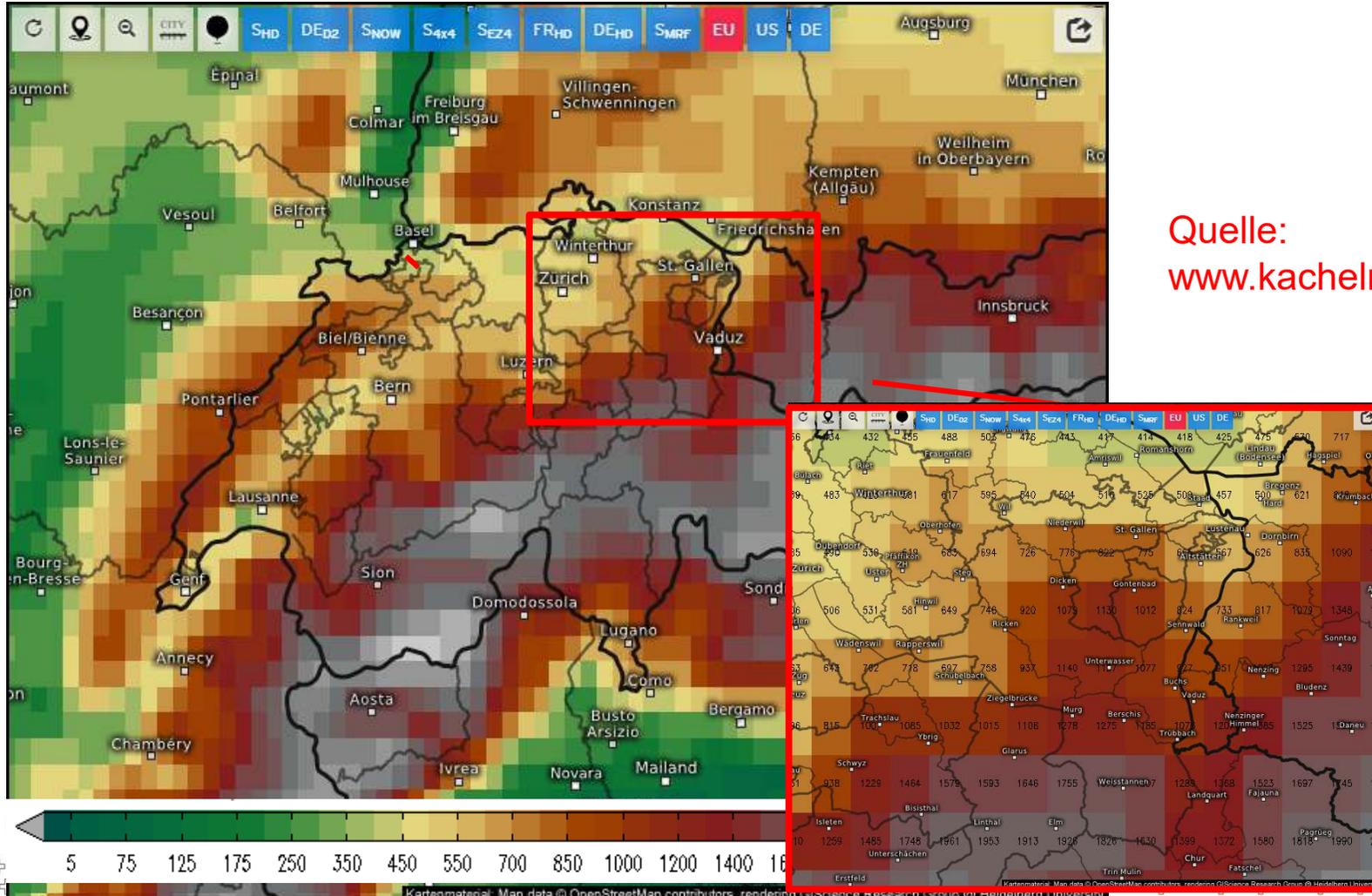


## Hinweise Qualität NOAA-Trajektorien Beispiel GB 2009



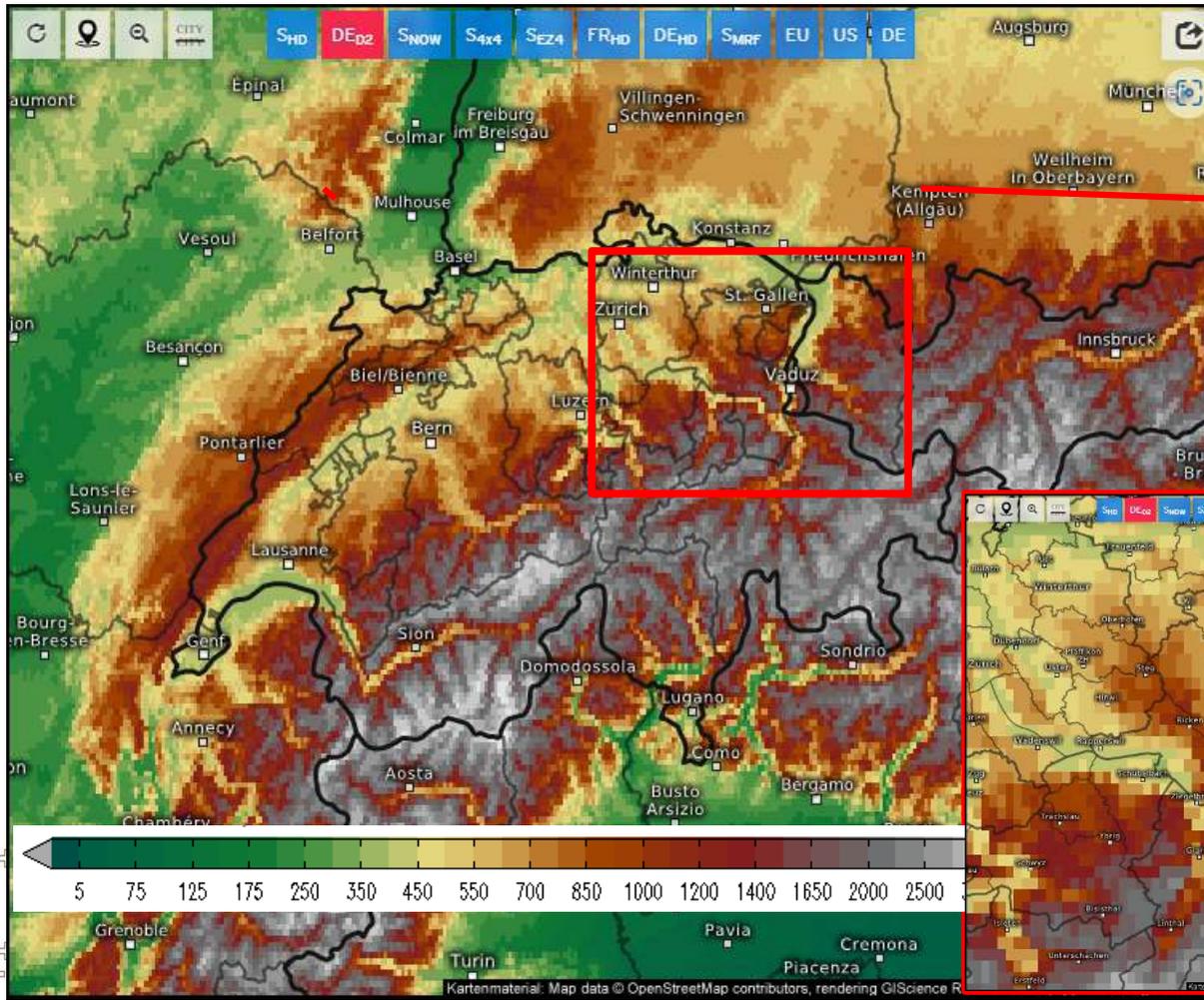


# Topographie ECMWF, 9 km

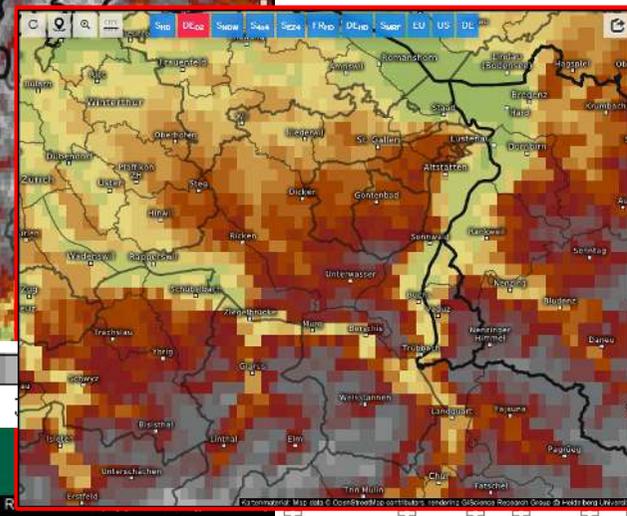




# Topografie ICON-D2, 2.1km

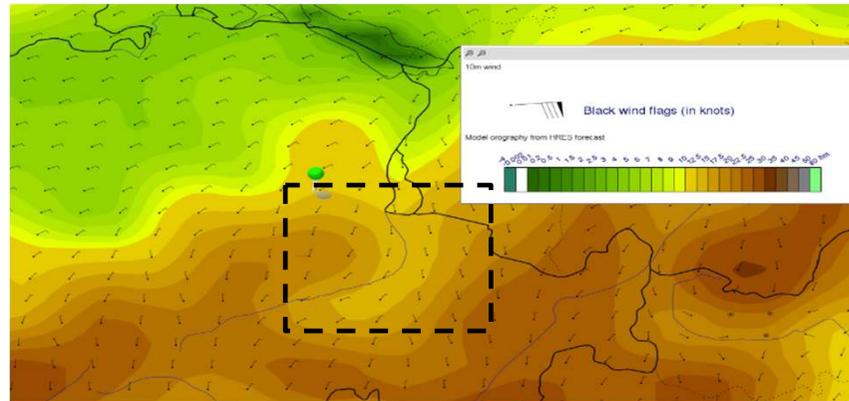


Quelle:  
[www.kachelmannwetter.ch](http://www.kachelmannwetter.ch)



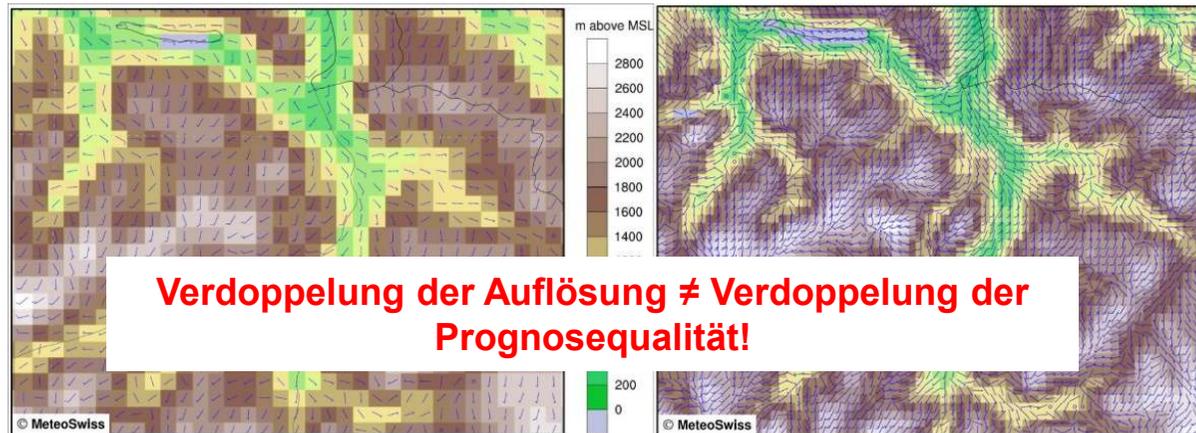


# Topografie COSMO-2E, COSMO-1E



Globalmodell, ECMWF

COSMO-2E. 2.2 km



COSMO-1E, 1.1 km

MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

25



# Fokusthema Föhn



**MeteoSchweiz**

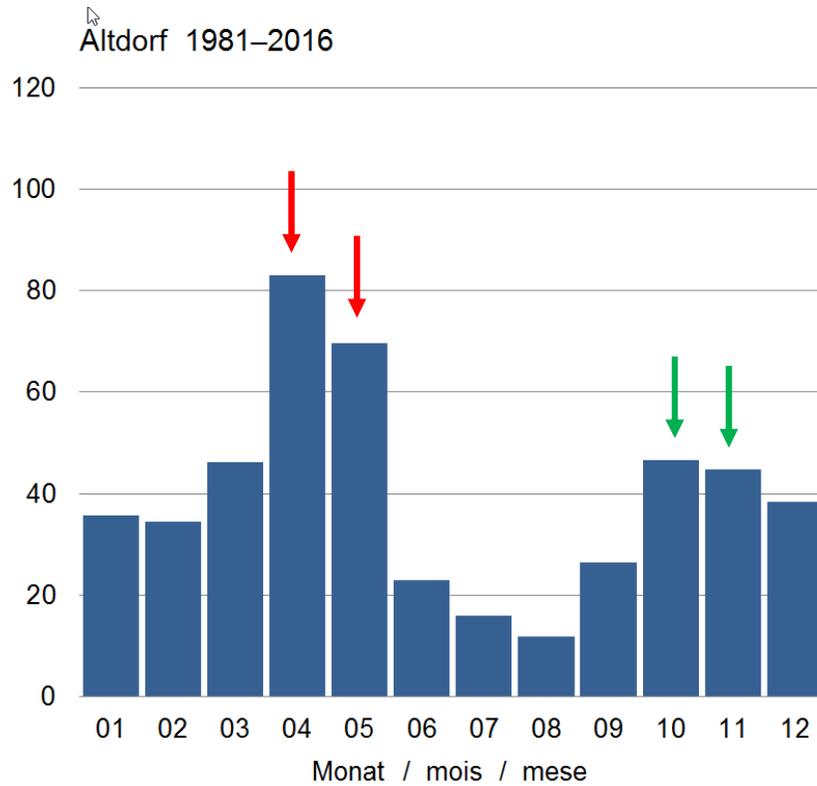
© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

26



# Föhnhäufigkeit, Jahresgang



April/Mai  
Okt./Nov.

Durchschnittliche monatliche Anzahl Föhnstunden in Ältdorf in der Zeitperiode 1981-2016

MeteoSchweiz

© Sursee, 23.3.2024

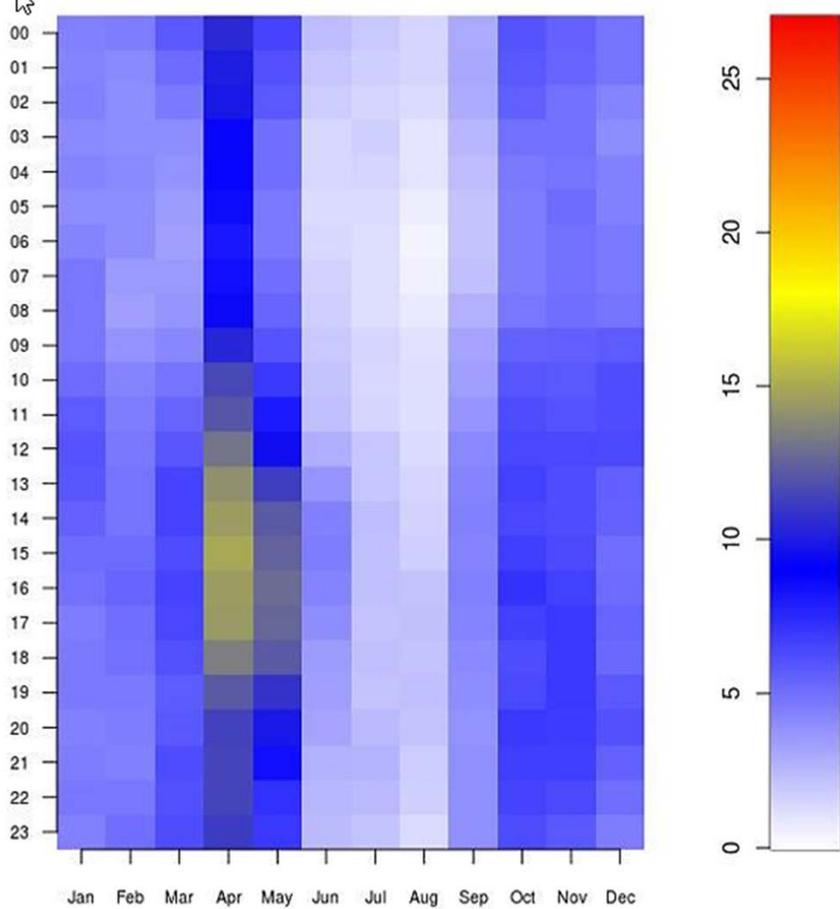
D. Gerstgrasser / S. Meier

27

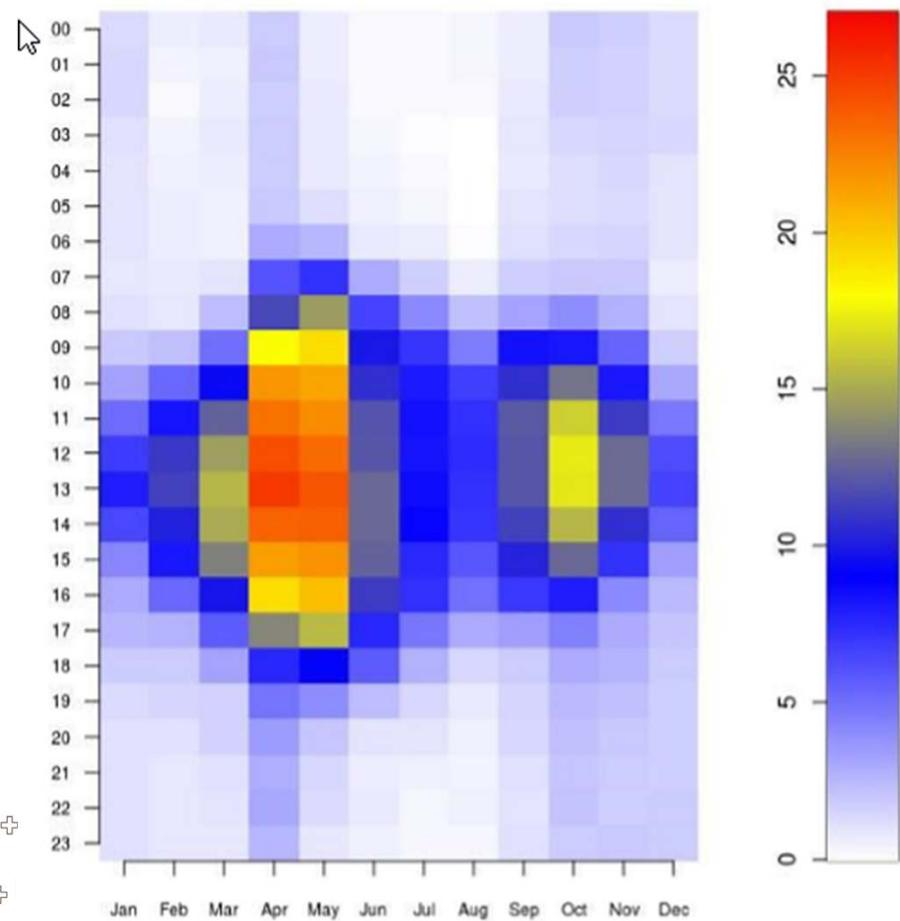


# Relative Häufigkeit Alpentäler

Relative Foehnhaeufigkeit (%) Altdorf 1981-2012



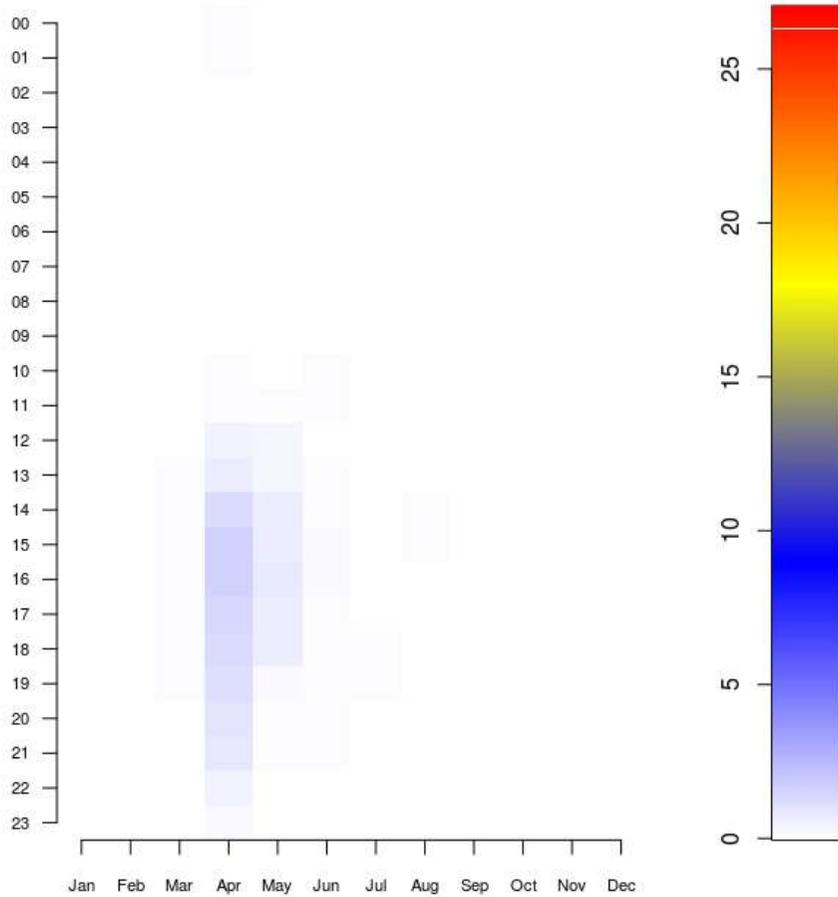
Relative Foehnhaeufigkeit (%) Davos 1981-2012



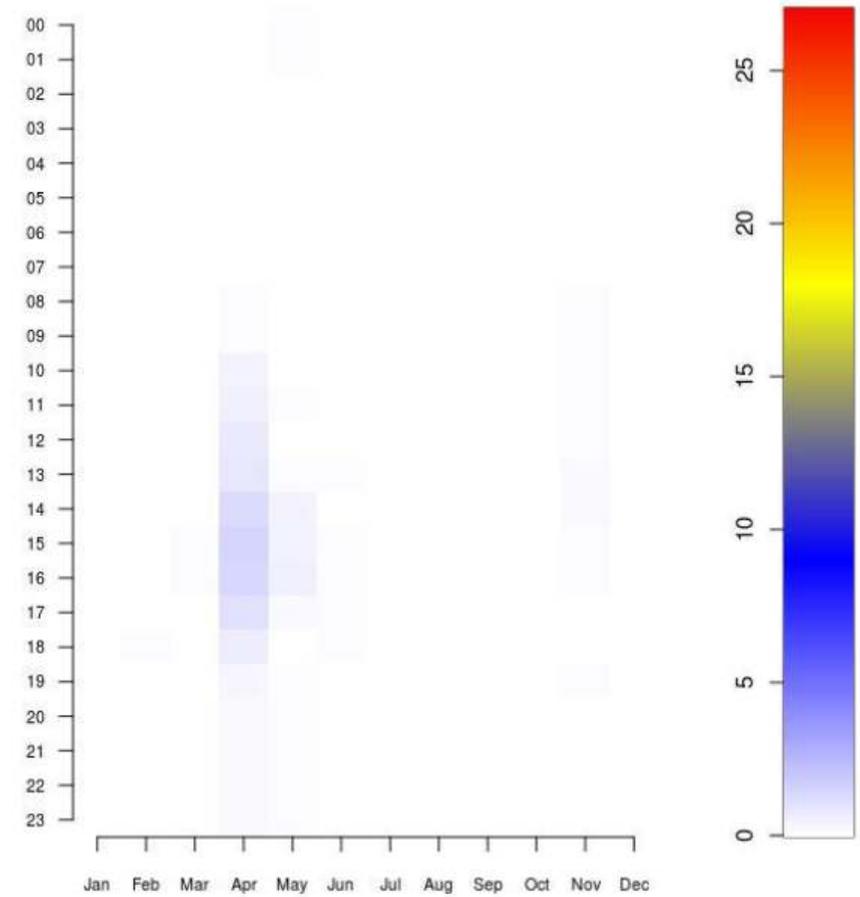


# Relative Häufigkeit Flachland

Relative Foehnhaeufigkeit (%) Kloten 1981-2016



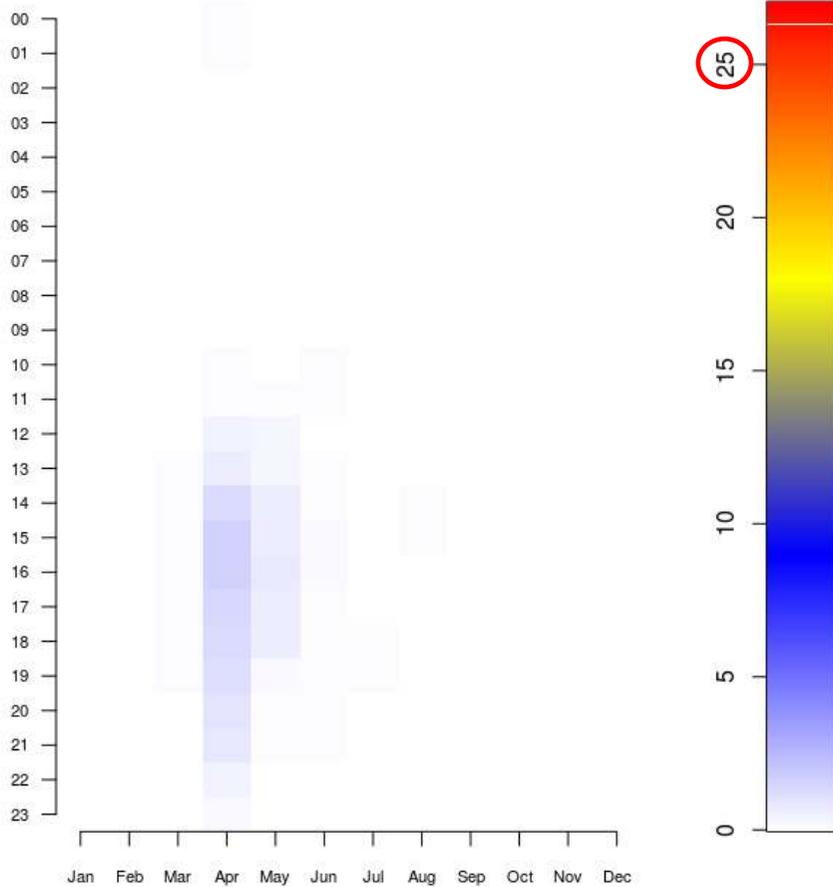
Relative Foehnhaeufigkeit (%) Guettingen 1981-2012



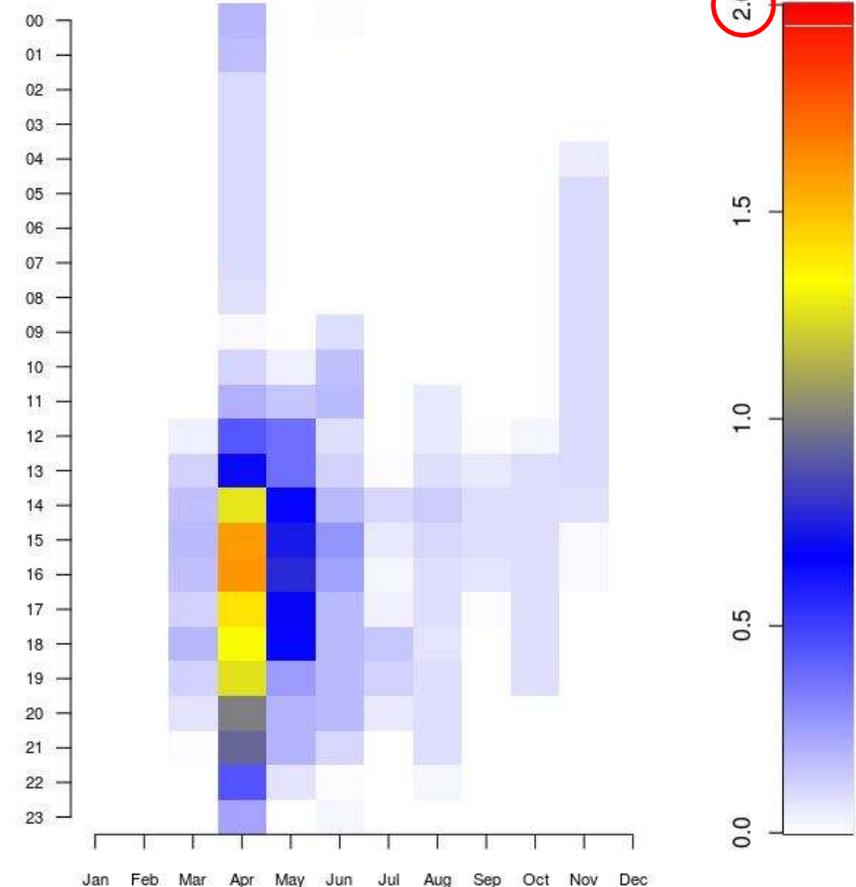


# Relative Häufigkeit Flachland

Relative Foehnhaefugkeit (%) Kloten 1981-2016



Relative Foehnhaefugkeit (%) Kloten 1981-2016





# Relative Häufigkeit, Zusammenfassung

- **Jahresgang** an verschiedenen Stationen **sehr ähnlich**
  - von der Wetterlage bestimmt
  - Tiefdruckaktivität v.a. im Winterhalbjahr
- **Tagesgang und Häufigkeit** **sehr unterschiedlich**
  - hauptsächlich von der Topografie bestimmt
    - Meereshöhe
    - Ausrichtung Talachse
    - Topografie stromaufwärts
    - Abstand zum Alpenhauptkamm
    - Höhendifferenz zum Alpenhauptkamm
    - Mulde / Hang / Kaltluft aus Seitentälern



# Wann bricht der Föhn ins Mittelland durch?

- Föhnlagen mit hohen N-S-Druckdifferenzen und starken/stürmischen Höhenwinden aus Sektor Süd
- bevorzugt im Frühjahr (April, Mai)
- bevorzugt in der zweiten Tageshälfte

**Fazit: Vorsicht bei Abendfahrten im Mittelland während Föhnlagen im Frühjahr (v.a. April)**



# Föhn und Druckdifferenzen

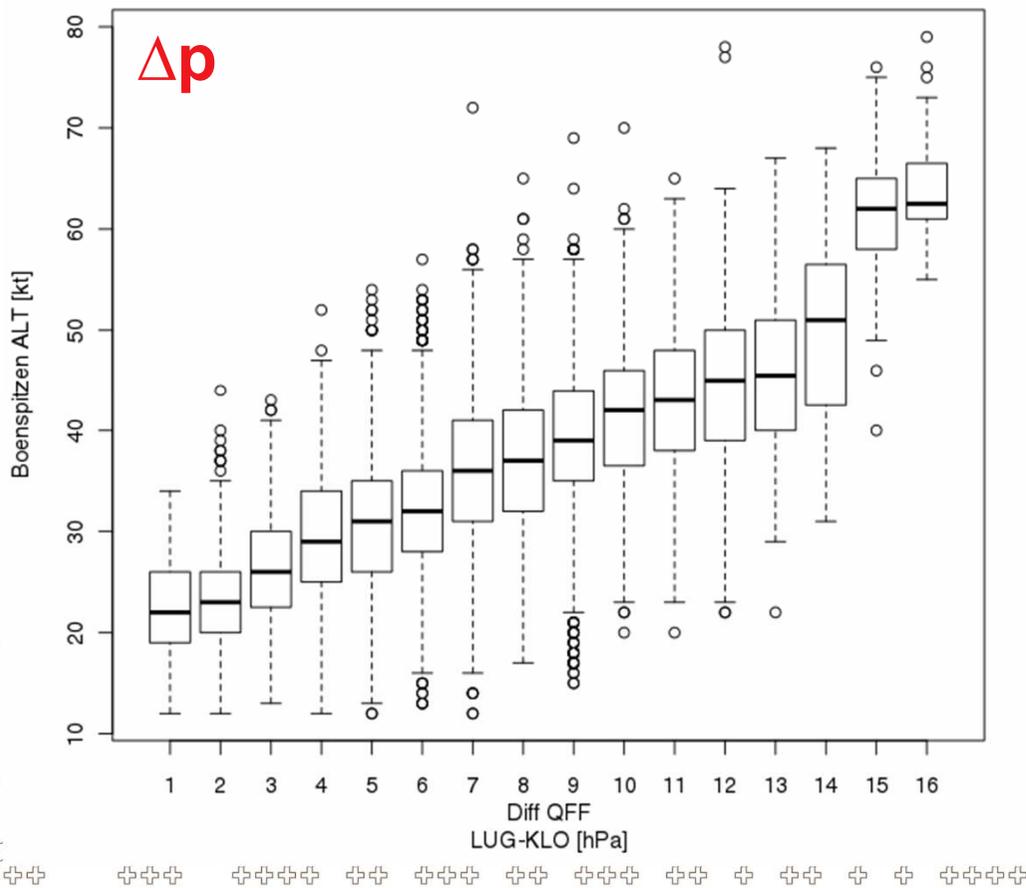
- Föhn ist ein zu komplexes Phänomen, als dass er sich mit einer Zahl beschreiben liesse
- je höher Druckdifferenz, umso stärker der Föhn. ABER: grosse Streuung!
- Merkregel Gleitschirm «*ab 4 hPa wird's gefährlich*» ist ungeeignet
- Druck- und Temperaturverhältnisse in mittleren Schichten (z.B. 1500 m) sind viel aussagekräftiger



# Föhn und Druckdifferenzen

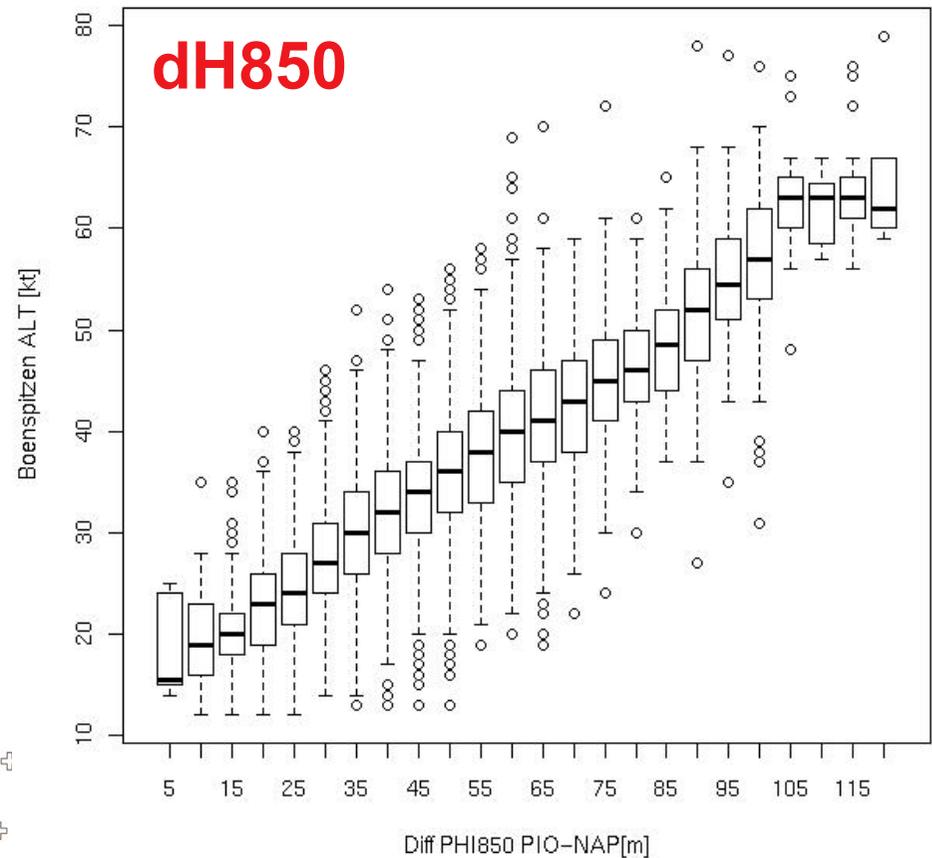
Föhnprognose mit Bodendruckdifferenzen - eine heikle Sache!

Foehn-Boenspitzen Altdorf vs. Delta QFF LUG-KLO, 2006-2010, **Cor=0.65**



Boenspitzen Altdorf vs. Delta PHI850 PIO-NAP, 2006-2010

**Cor=0.77**





# Fokusthema: Kaltluftausfluss bei Gewittern (Böenfronten)





# Kaltluftausfluss bei Gewittern

- es gibt keine allgemein gültige Regel, wie weit eine Böenfront den Gewittern vorausläuft
- es können 0-5 km sein, oder auch 40-80 km oder im Extremfall auch mehr
- heikel:
  - Gewitter die längere Zeit andauern und «verclustern»
  - Schauer oder Gewitter in eine trockene Grundschicht (Verdunstungskälte → verstärkte Abwinde)
  - organisierte Gewitter(linien)
- Prozess: grossflächige Kaltluftproduktion → grosse **Temperaturunterschiede** → grosse **Druckunterschiede** → Ausgleich durch böig auffrischenden Wind («Druckwelle»)



# Kaltluftausfluss bei Gewittern

- nicht nur aktuelles Radarbild konsultieren, auch Messwerte von Temperatur, Druck (QFF) und Wind verfolgen
- Faustregel Böenstärke:  $\Delta T * 5.5 + 7 = \text{Böenspitze in kt}$

3°C → 23.5 kt

5°C → 34.5 kt

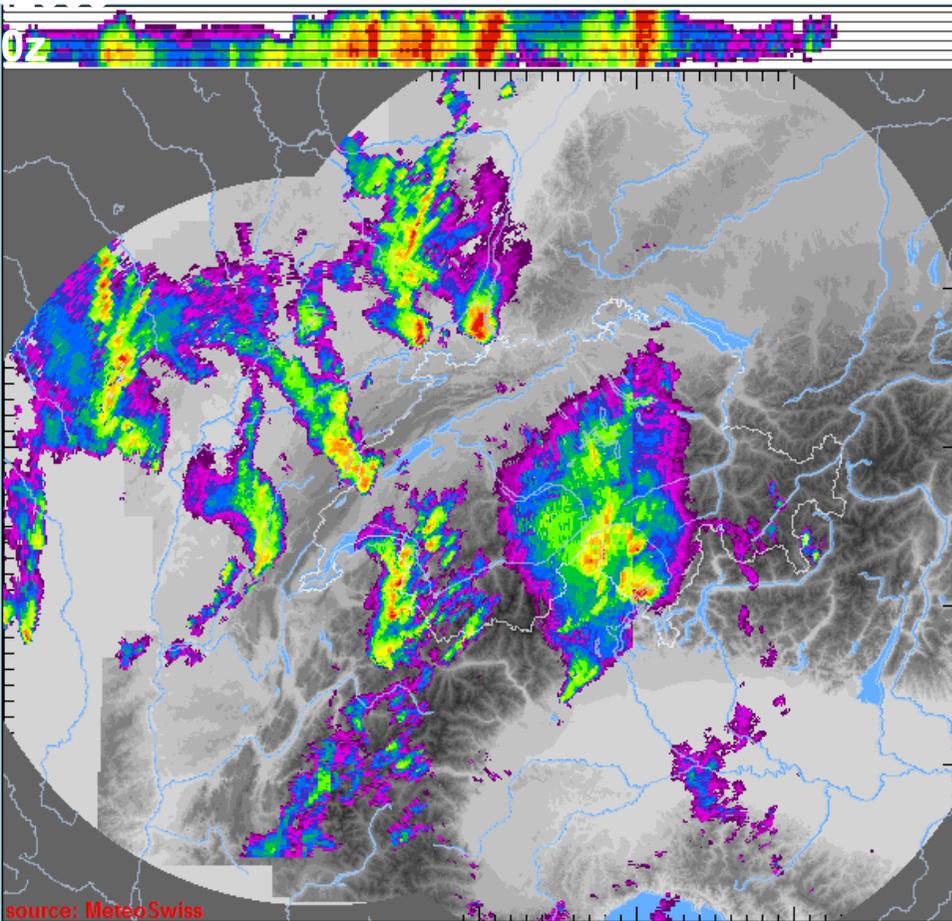
Prognosemodelle:

- Lokalmodelle (COSMO, ICON-D2, Arome) sind in der Lage, den zeitlichen Ablauf, den Modus der Gewitter und die daraus folgenden Windböen zu simulieren. ABER: Unsicherheiten!
- Globalmodelle (ECMWF, GFS) sind dazu nur eingeschränkt in der Lage (Gewitter «fallen durch die Maschen»)



# Kaltluftausfluss bei Gewittern

Beispiel: sommerliche SW-Lage mit Föhnwind in den Alpen



Kombination Windrichtung/Windgeschwindigkeit/Böenspitze [kt]  
29.07.2005 15:50 UTC

1h20min später...





# Varia

**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier



# Harmonisierung Textprognose Ballon D/F

- Einheitliche Gliederung und Inhalt D und F
- Abdeckung neu gesamtes Mittelland, Jura, Voralpen
- Ausgabezeiten wie bisher:  
Sommer 3h und 14h LT  
Winter: 5h und 12h LT
- Einführung per 25.3.2024

Ballonprognose für die Schweiz  
ausgegeben von der Prognose- und Flugwetterzentrale MeteoSchweiz, Zürich Flughafen  
am Donnerstag, den 7. März 2024, 5:00 Uhr gültig bis Mitternacht

Sonnenaufgang in Zürich um 06:54  
Sonnenuntergang in Zürich um 18:21

Wetterlage:  
test

Wolken, Sicht, Wetter:  
test

Wind (Richtung in Grad/Mittelwind in Knoten) | Temperatur (Grad Celsius):

Östliches Mittelland

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.
3000m	250/07 -09	260/05 -08	260/05 -08	270/06 -07
2000m	260/04 -01	150/05 -01	130/08 -01	130/07 -00
1500m	090/07 +01	100/05 +00	110/03 +01	100/04 +05
1000m	140/14 +03	130/25 +02	130/20 +03	140/15 +05
750m	090/07 +01	100/05 +00	110/03 +01	100/04 +05
Boden	040/03 -00	040/05 +00	050/08 +03	050/10 +08

Zentrales Mittelland

	05:00 Uhr	07:00 Uhr	09:00 Uhr	11:00 Uhr
	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.	Wind Temp.
3000m	260/08 -08	250/07 -08	250/09 -08	280/06 -07
2000m	180/01 -01	120/08 -01	130/06 -00	110/07 +00
1500m	070/10 +00	090/09 -01	070/10 -02	070/08 +02
1000m	120/08 +03	130/10 +03	130/15 +03	130/15 +04
750m	070/10 +00	090/09 -01	070/10 -02	070/08 +02
Boden	060/03 -01	060/04 -00	050/05 +02	060/06 +08

**MeteoSchweiz**

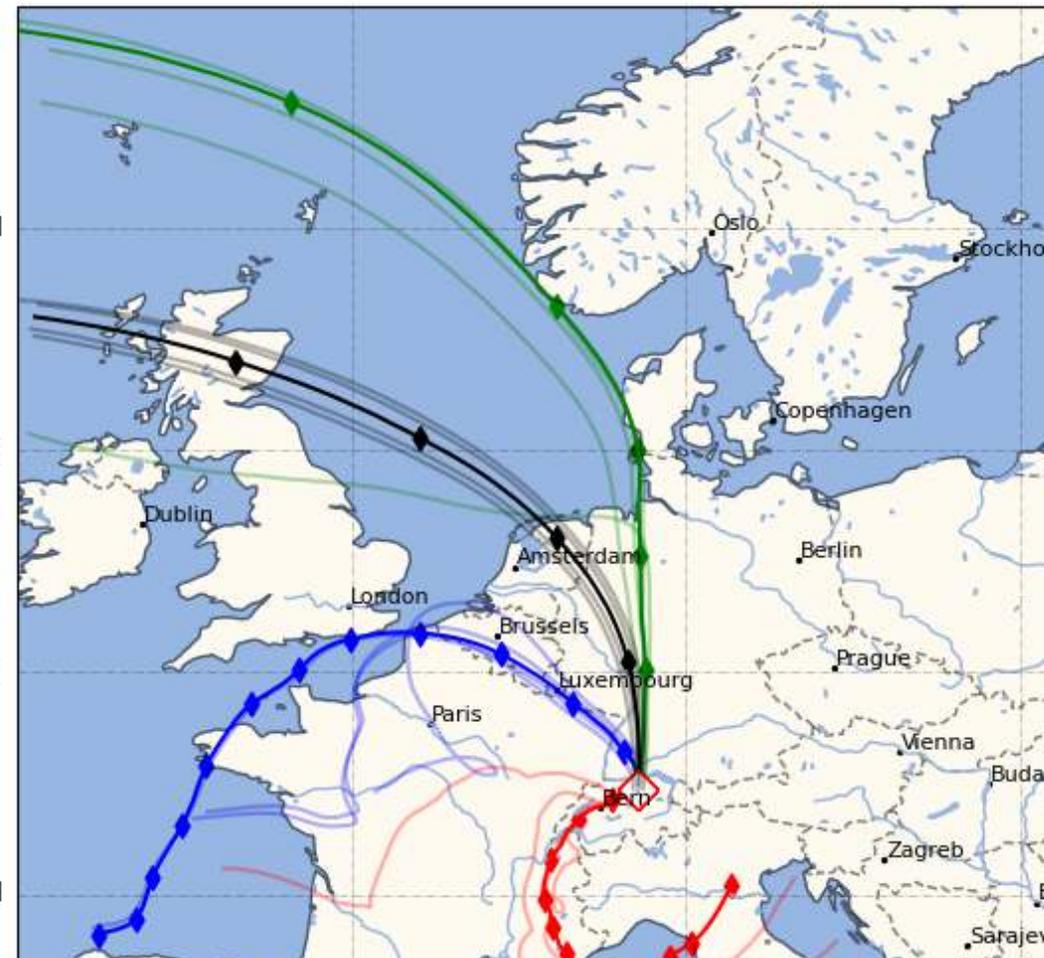
© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser



# Trajektorien

- In der In-App von Meteoschweiz gibt es aktuell:
- 10 Trajektorien für 10 Ortschaften inkl. Attisholz und Hochdorf
- Bedarf? Anpassung?





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

## **MeteoSchweiz**

Operation Center 1

CH-8058 Zürich-Flughafen

T +41 58 460 91 11

[www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch)

## **MeteoSvizzera**

Via ai Monti 146

CH-6605 Locarno-Monti

T +41 58 460 92 22

[www.meteosvizzera.ch](http://www.meteosvizzera.ch)

## **MétéoSuisse**

7bis, av. de la Paix

CH-1211 Genève 2

T +41 58 460 98 88

[www.meteosuisse.ch](http://www.meteosuisse.ch)

## **MétéoSuisse**

Chemin de l'Aérologie

CH-1530 Payerne

T +41 58 460 94 44

[www.meteosuisse.ch](http://www.meteosuisse.ch)

**MeteoSchweiz**

© Sursee, 23.3.2024

D. Gerstgrasser / S. Meier

42