

Workshop

Friedrich Wölfelmaier, Hannes Rieder

Wetterprognose und ihre Anwendungen



Einleitung - ZAMG

Dienststelle des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft

Seit 1990 Teilrechtsfähig, erlaubt der ZAMG kommerzielle Aktivitäten

Ältester Wetterdienst weltweit

4 Kundenservicestellen

ZAMG Innsbruck

ZAMG Salzburg

ZAMG Wien

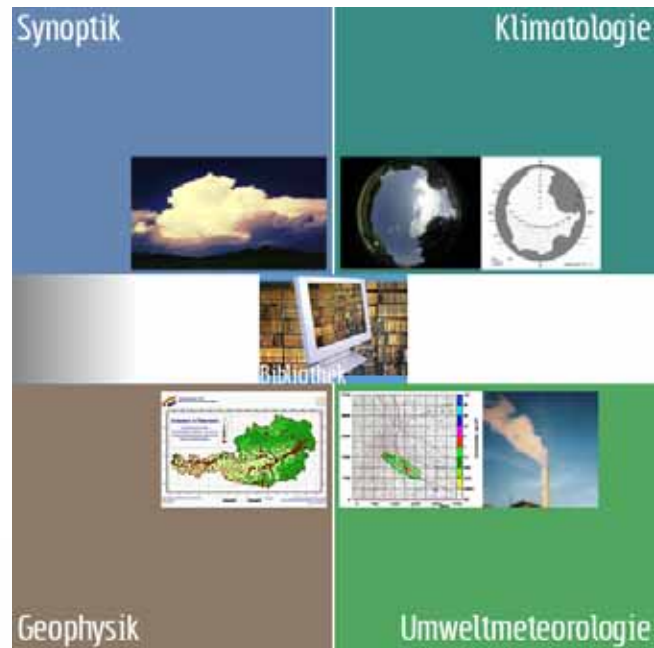
ZAMG Graz

ZAMG Klagenfurt

QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEMS
entsprechend den Forderungen der
ISO 9001:2008



Einleitung - ZAMG - Themenbereiche



Einleitung - Dienstleistungen der ZAMG

Wettervorhersage

Unwetterwarnungen/
Katastrophenschutz
Ozon/Smog
Medien
Energie
Straßendienst
Wasserwirtschaft
Bauwirtschaft
Transport
Veranstalter
Foto/Film
Tourismus
Wanderer/Bergsteiger
Segler/Surfer

Klimainformationen

Auskünfte, Gutachten für

Versicherungen
Gerichte
Behörden
Private

Beratung für

Raumplanung
Industrie
Bauwesen
Landwirtschaft
Wind- u.
Sonnenenergie
Hagelabwehr

Umweltmeteorologie

Beratung bei nuklearen Störfällen

Ozonberatung

Gutachten für

Behörden (UVE/UVP)
Abfallwirtschaft
Energiewirtschaft
Industrie
Verkehrswesen
Bauwesen
Landwirtschaft

Messkampagnen

Datenanalyse

Geophysik

Erdbebengutachten für

Gebäude, Talsperren,
Verkehrswege, Deponien

Magnetfeldmessungen

Deklinationkarten,...

Umweltgeophysik

Erschütterungs-
messungen

Ingenieurgeophysik

Baugrundunter-
suchungen, Alllasten

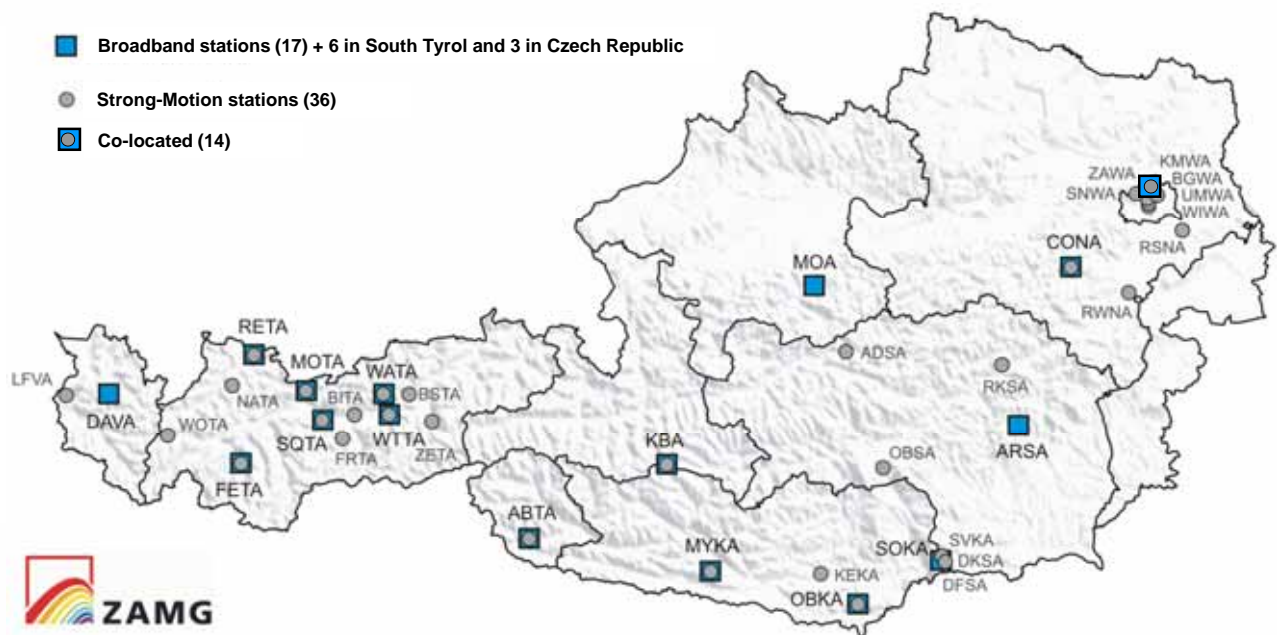
ArcheoProspections



Einleitung - Meteorologisches Netzwerk der ZAMG



Einleitung - Seismisches Netzwerk



- Conrad Observatorium
 - weltweit höchste Qualitätsstufe der Messung des Erdmagnetfelds
 - weitere Messungen von
 - Erdbeben
 - Atomwaffentests
 - Vulkanismus
 - Abschmelzen von Eismassen
 - Meeresspiegelanstieg



- Sonnblick Observatorium (Teil des GAW Messnetzes)
 - Messung von
 - Meteorologie, Strahlung (Suntracker (sichtbar, IR), UV)
 - Luftchemie, Niederschlagschemie
 - Radioaktivität
 - Glaziologie



1. Erfassen des IST-Zustandes der Atmosphäre (= numerische Analyse, heute kaum noch Handanalysen)

Berechnen des Ist-Zustandes auf Gitterpunktsbasis

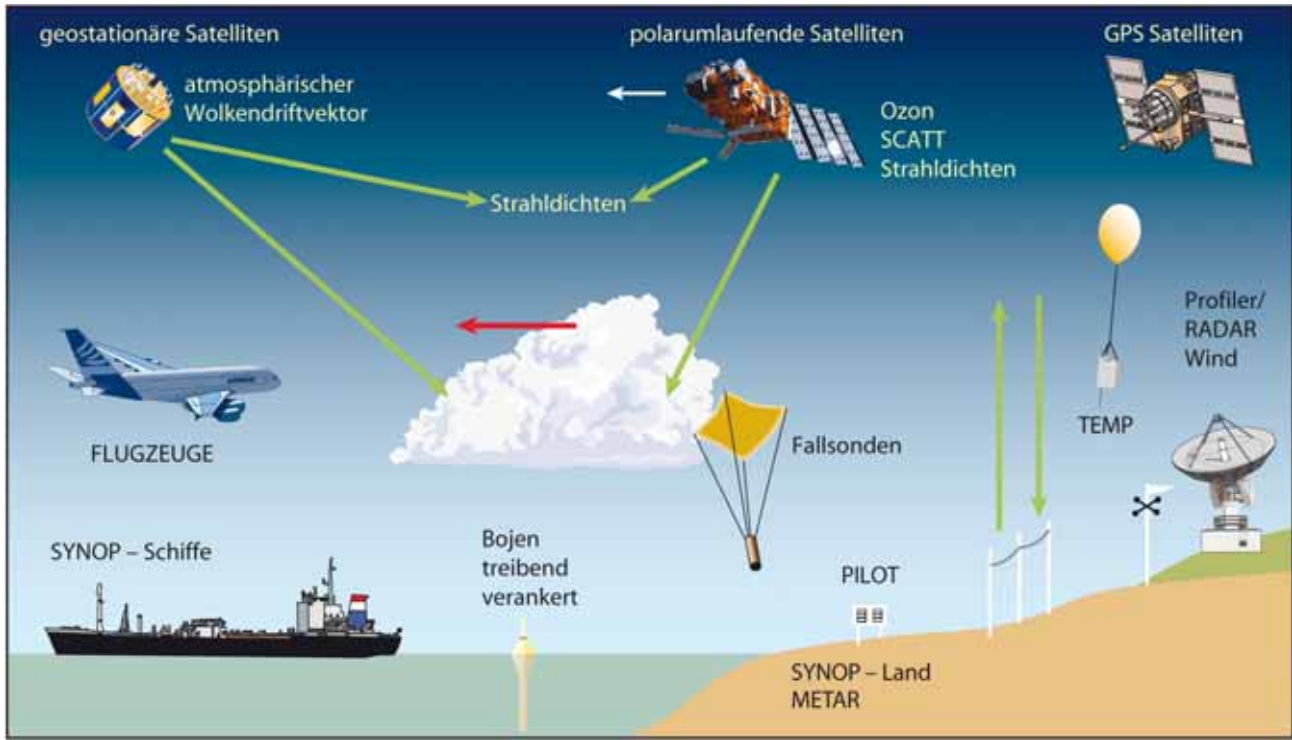
2. Erarbeiten des zukünftigen Zustandes mittels Simulationsmodell der Atmosphäre (= numerische Verfahren)

Berechnen der zukünftigen Zustandes auf Gitterpunktsbasis

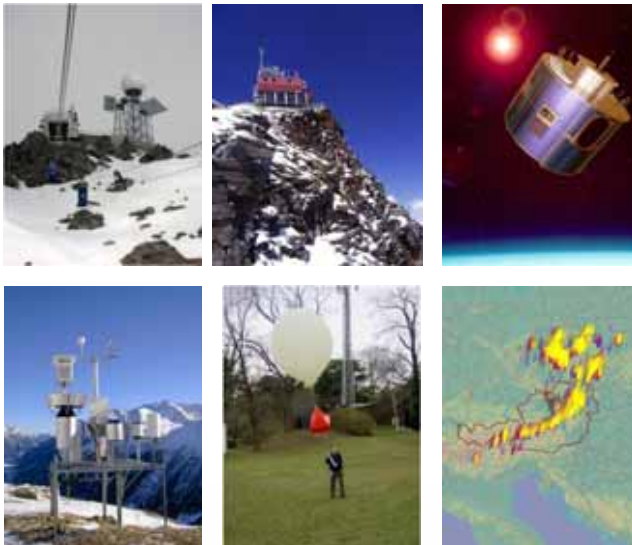
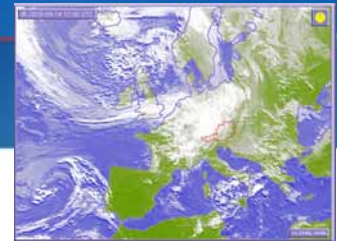
3. (Statistische) Optimierung der Vorhersagen

Wetterprognose - Erfassen des IST-Zustandes

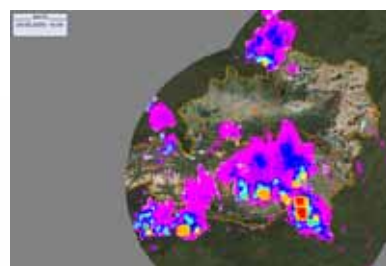
15.11.2016



Wetterprognose - IST-Zustand: Österreich



- Wetterbeobachter
- SYNOP, TAWES Stationen
- Radiosondenaufstiege
- Satellitendaten
- Radardaten
- Blitzmeldungen

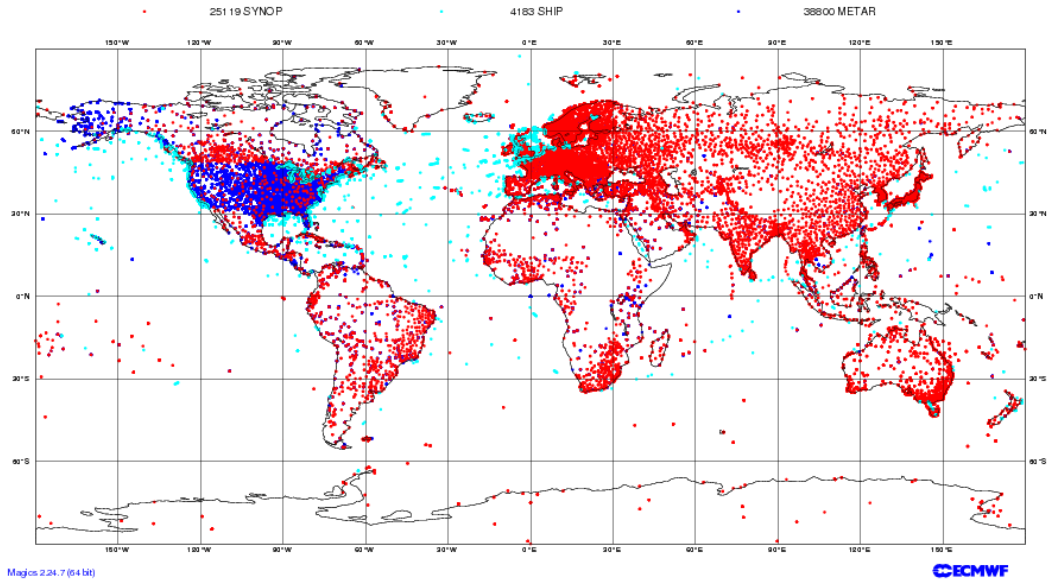


Wetterprognose - IST-Zustand: weltweite Wetterdaten



ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar
09/Jun/2015; 12 UTC
Total number of obs = 68102

15.11.2016

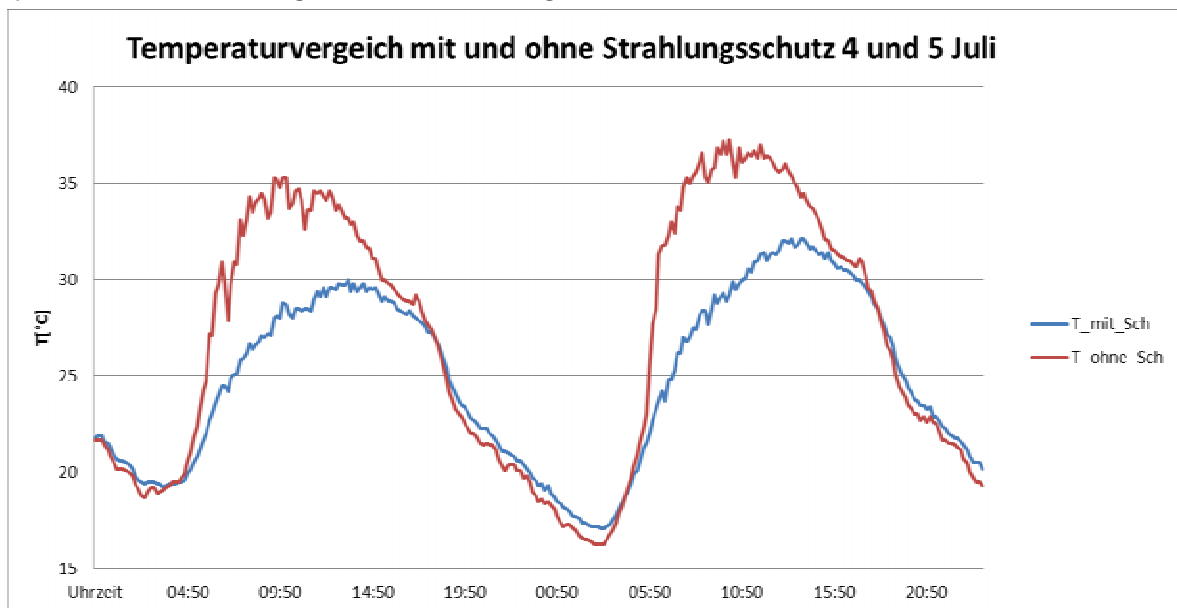


Wetterprognose - Messung nach WMO Standard



15.11.2016

Beispiel: Falsche Messung verschlechtert Ergebnisse



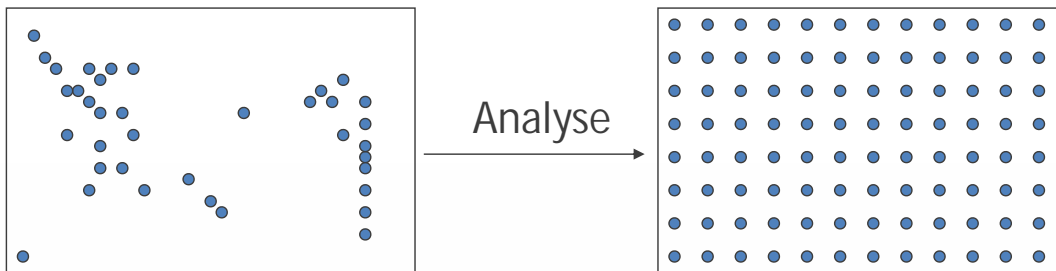
Wetterprognose - Ist-Zustand: Die Analyse



Schwierige Aufgabe:
 Punktmessungen auf ein regelmäßiges
 3 dimensionales Modellgitter zu interpolieren.



Dieser Schritt ist beinahe so kompliziert wie die eigentliche Vorhersage.



$$\omega = -g \left[w - \left(\frac{\partial z}{\partial t} \right)_p + v_h \cdot \nabla_p z \right]$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \phi}{\partial p} \right)_p + v_h \cdot \nabla_p \frac{\partial \phi}{\partial p} - \omega \frac{RT}{p} \frac{\partial \ln \theta}{\partial p} = 0$$

$$\Phi = N \left(\frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \sum_{ij} \frac{\pm 1}{P_{ij}} + \frac{B}{r^2} \sum_{ij} \frac{1}{P_{ij}} \right) \text{ mit } A = \sum_{ij} \frac{\pm 1}{P_{ij}}$$

Wetterprognose - Simulationsmodell der Atmosphäre

$$\frac{\partial}{\partial t} \Big|_z = \frac{\partial}{\partial t} \Big|_e - \frac{\partial z}{\partial t} \frac{\partial}{\partial z} \Big|_e + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial x} \Big|_e - \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial z}{\partial y} \Big|_e$$

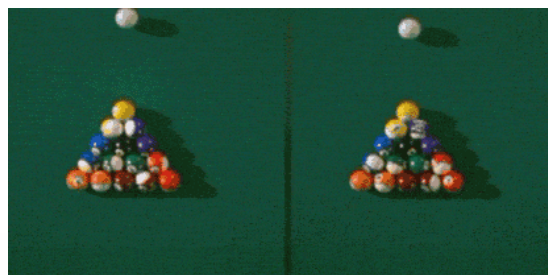
$$\rho_{hkl} = \frac{1}{V_Z} \sum_{\alpha} e^{-G_{\alpha}} \int \rho_{\alpha}(r) e^{-r G_{\alpha}} dr$$

15.11.2016

Lösungsversuch der nichtlinearen, partiellen Differentialgleichungen

Näherungsweise Berechnung über die Numerik

Parametrisierung: Niederschlagsteilchen, Strahlung, Turbulenz

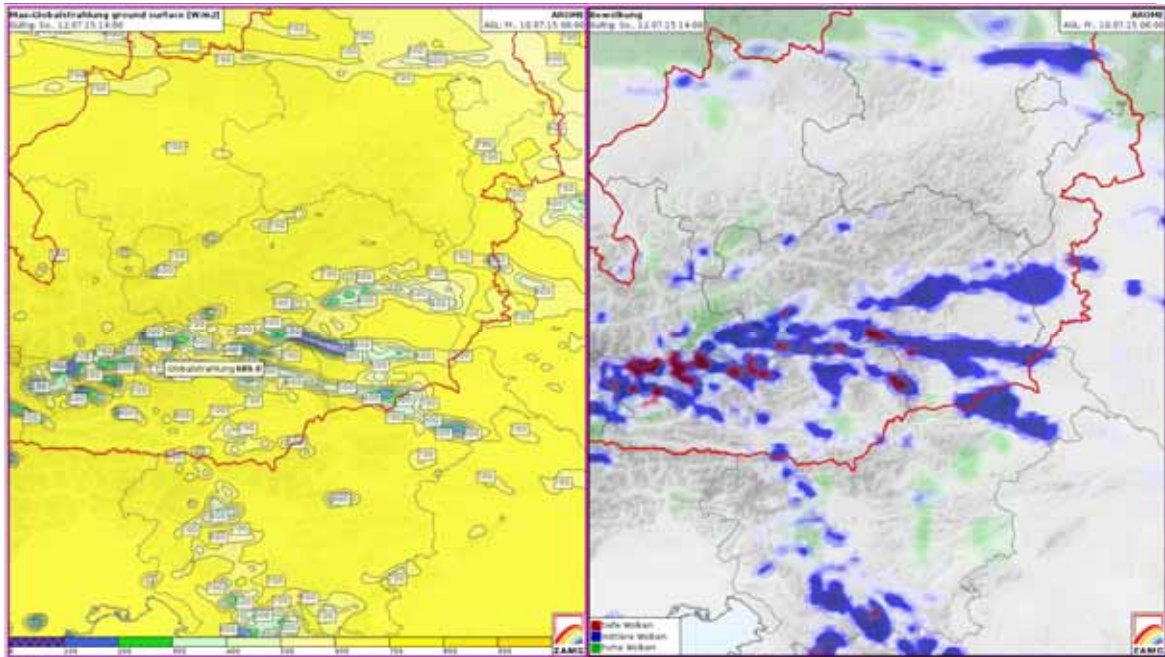


ECMWF CRAY: 3.593.000 GFLOPS
 Pentium i7: 50 GFLOPS



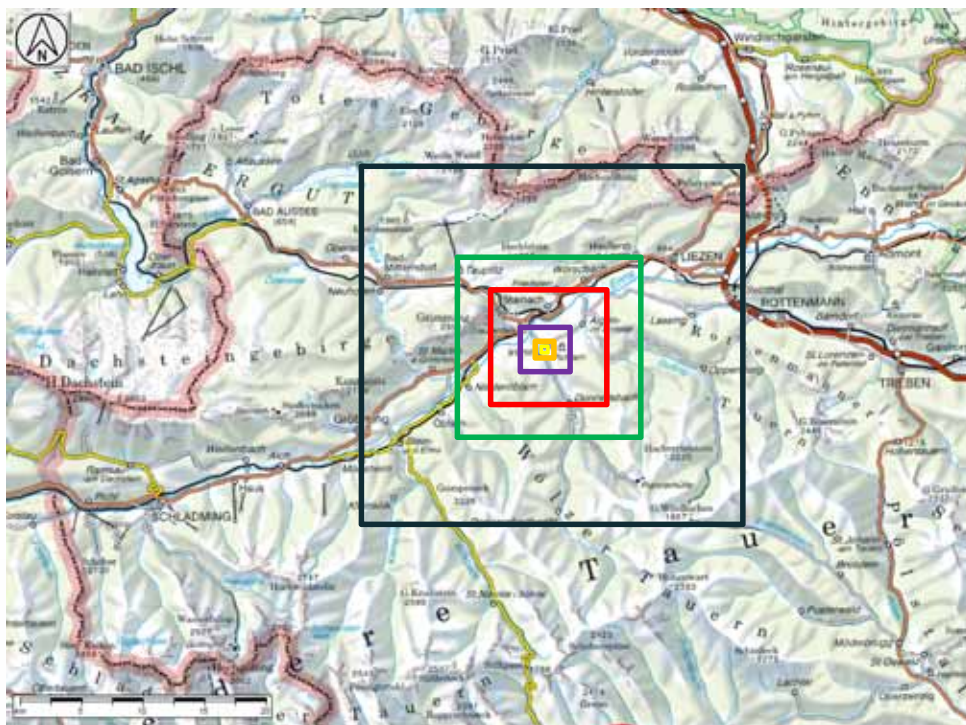
Wetterprognose– Bsp. Herausforderung Globalstrahlung

15.11.2016



Wetterprognose - Auflösung der Wettermodelle

15.11.2016

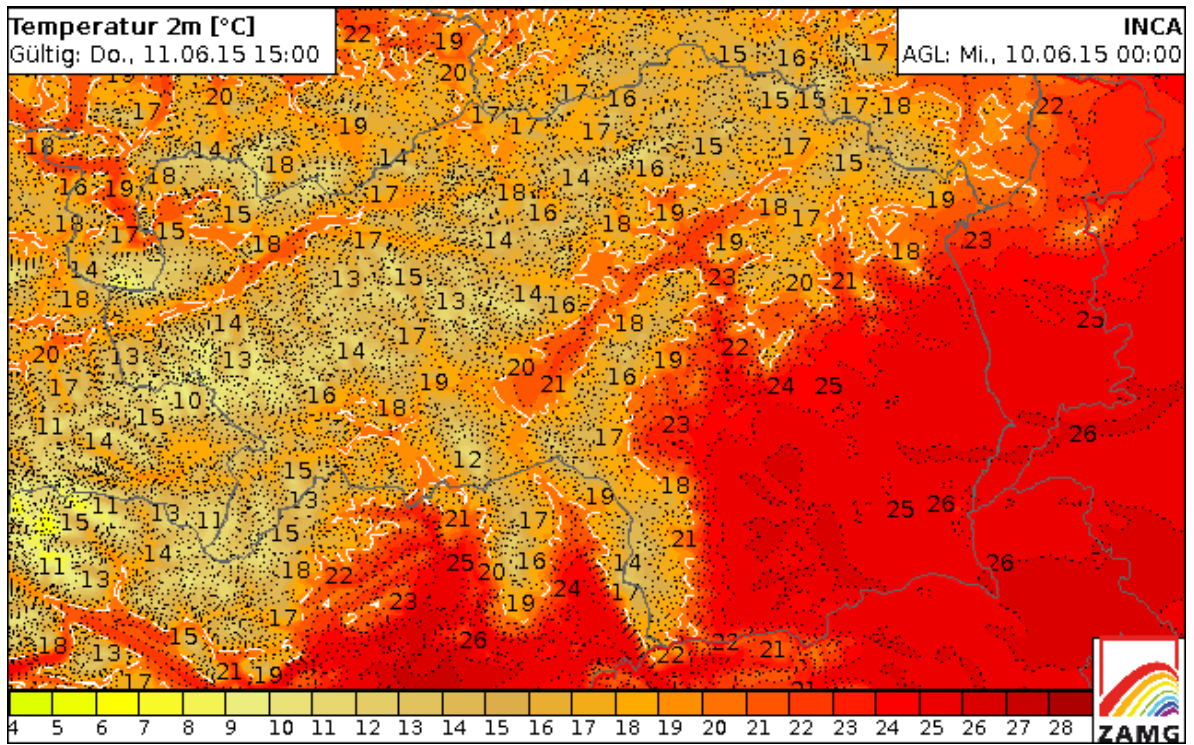


- GFS 30x30 km
- ECMWF 16x16 km
- ALADIN 9x9 km
- ALARO 5x5 km
- AROME 2.5x2.5 km
- INCA 1x1 km



Wetterprognose - Ergebnisse – Beispiel Temperatur

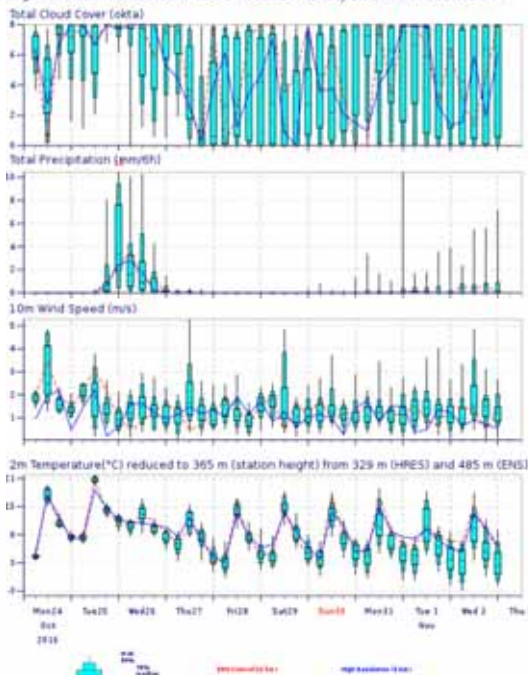
15.11.2016



Wetterprognose - Modellkette der ZAMG

15.11.2016

ENS Meteogram
Graz, Austria/ 47.02°N 15.39°E (ENS land point) 365 m
High Resolution Forecast and ENS Distribution Monday 24 October 2016 00 UTC



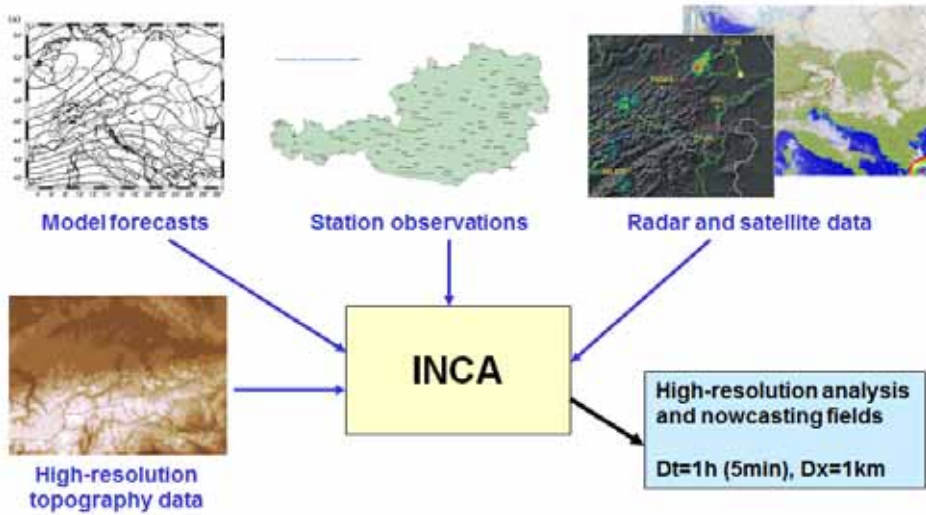
Variable	00-06	06-12	12-18	18-00	00-06	06-12	12-18	18-00	00-06	06-12	12-18	18-00	00-06	06-12	12-18	18-00
Temperature	10.0	12.0	14.0	15.0	12.0	14.0	16.0	17.0	14.0	16.0	18.0	19.0	16.0	18.0	20.0	21.0
Precipitation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wind Speed	1.0	2.0	3.0	4.0	3.0	4.0	5.0	6.0	4.0	5.0	6.0	7.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Cloud Cover	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0

Wetterprognose - Modellkette der ZAMG

15.11.2016

INCA – Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis

- Algorithmic synthesis of various data sources
- 1-Hourly (15-min) update interval



Anwendungen - MPC-Box

15.11.2016

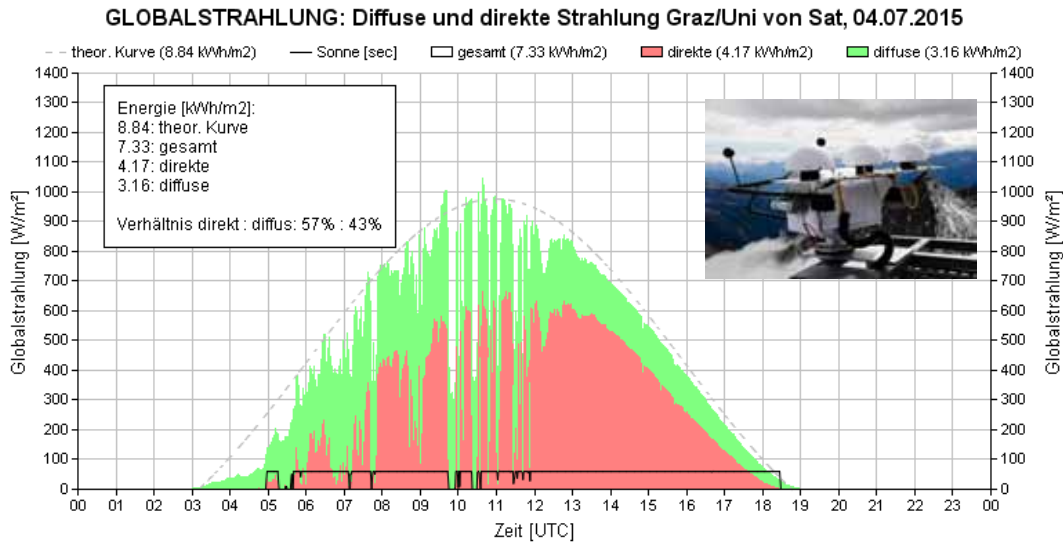
Webseite

Darstellung der aktuellen Messwerte

Verifikationen



Darstellung der aktuellen Messwerte



Darstellung der aktuellen Messwerte

Verifikationen

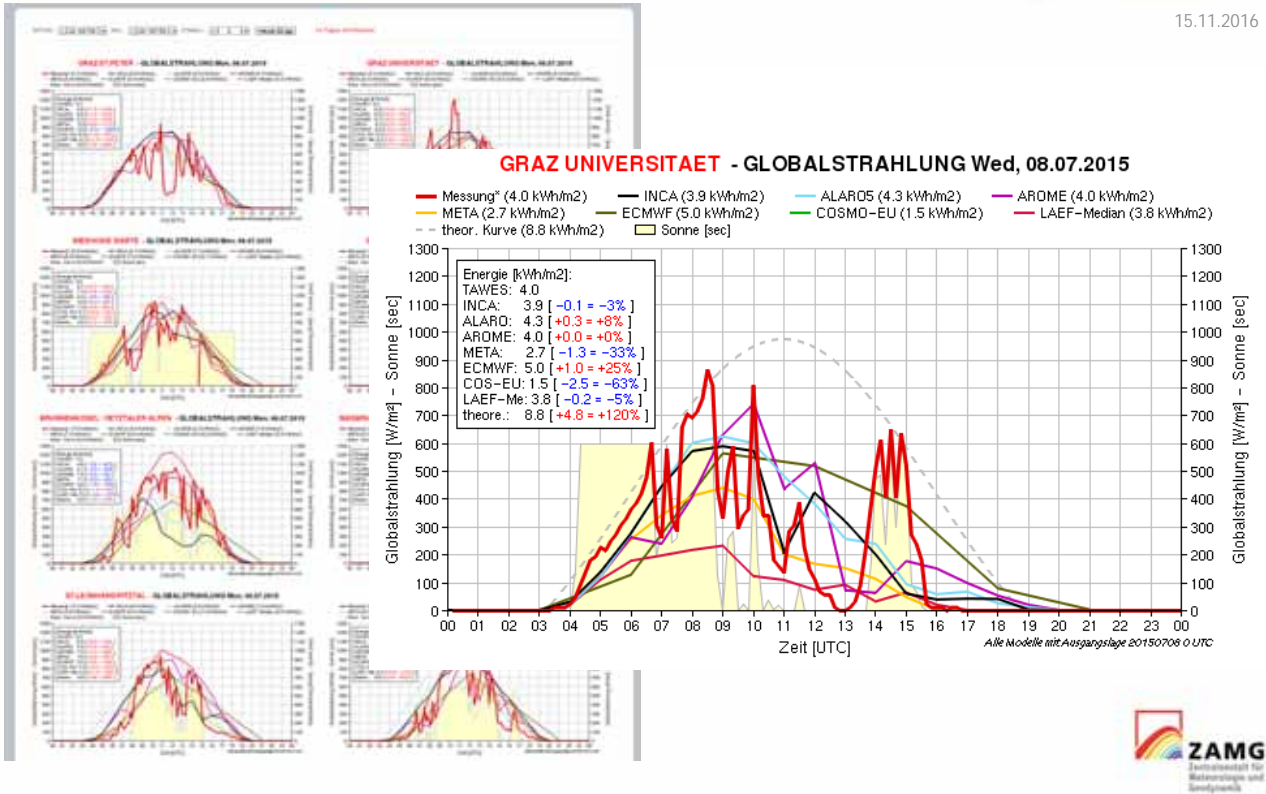
ZAMG Webseite Verifikation

Verifikation der solaren Energie pro Tag in kWh/m²

STATISTISCHE PARAMETER	WKA	NETA	AROME	ALAROS	COSMOEU	ECMWF0.25
BIAS	0.83	0.32	0.88	0.74	0.46	0.48
MAE	0.90	0.60	0.89	0.86	0.79	0.77
RMSE	4.21	0.81	3.06	3.12	0.96	0.92

Datum	TAWES	THEORIE	WKA	NETA	AROME	ALAROS	COSMOEU	ECMWF0.25
2015-07-06	3.44	8.78	3.99	2.42	3.96	6.29	5.42	6.98
2015-07-07	7.02	8.79	6.95	6.79	7.25	7.38	7.79	7.16
2015-07-08	5.31	8.81	6.83	5.91	6.34	6.68	6.88	6.79
2015-07-09	7.46	8.82	8.36	7.67	7.31	8.08	8.08	7.89
2015-07-10	7.05	8.84	7.40	7.08	7.38	7.38	8.04	7.58
2015-07-11	7.08	8.85	7.67	7.31	7.48	7.71	7.75	6.47
2015-07-12	6.25	8.86	7.46	7.14	7.40	7.71	7.10	6.62
2015-07-13	6.87	8.87	7.26	7.20	7.84	7.51	7.81	6.92
2015-08-20	5.31	8.48	6.75	6.09	6.71	6.45	6.47	6.37
2015-08-21	5.54	8.49	5.38	5.59	6.43	5.72	6.60	5.29
2015-08-22	5.29	8.50	6.88	6.58	7.54	6.46	6.45	6.67
2015-08-23	3.15	8.51	5.88	3.57	3.89	5.07	3.63	3.98
2015-08-24	5.61	8.51	6.84	6.08	7.11	5.67	6.34	6.01
2015-08-25	7.50	8.52	7.37	7.20	7.59	7.84	7.60	6.62
2015-08-26	5.71	8.52	5.71	5.81	6.31	6.46	6.38	6.37
2015-08-27	1.48	8.52	3.98	1.77	1.82	4.15	0.99	1.34
2015-08-28	5.64	8.52	6.52	5.77	6.30	6.67	6.41	6.31
2015-08-29	6.04	8.52	6.72	6.29	7.43	5.78	6.20	6.81
2015-08-30	4.50	8.52	5.41	5.51	5.99	5.21	4.78	5.31
2015-08-31	4.59	8.52	4.83	3.87	4.82	4.62	4.18	3.73





ZAMG, Regionalstelle für Tirol & Vorarlberg
 Wetterdienst Innsbruck
 Fieserweg 130, A-6020 Innsbruck, Austria
 Tel. +43-0312-285598 Fax: +43-0312-285626 E-Mail: innsbruck@zamg.ac.at

JAHRESZEITEN-VORHERSAGE

Prognose vom: Montag, 12. September 2011 um 13:23 Uhr

WICHTIGER HINWEIS: Saisonprognosen sind im experimentellen Status und in mittlerem Breiten oft nicht verlässlich. Es wird daher beim derzeitigen Entwicklungsstand davon abgesehen, folgenschwere Entscheidungen auf dieser Grundlage zu treffen.

Temperaturvorhersage Februar – März – April 2010:

Die Temperaturvorhersage für die drei Monate liefert keine Abweichungen vom langfristigen Modellklima, es sind somit für den März normale Temperaturen zu erwarten. Der Mittelwert liegt recht genau beim Median, auch die zu erwartende Bandbreite der Abweichungen ist normal und entspricht dem Modellklima.

Für den März sind aber ein paar Ausreißer nach unten möglich, d. h. mit geringer Wahrscheinlichkeit könnte es im März auch etwas kühler als gewöhnlich sein.

Für den April besteht ebenfalls eine geringe Chance für leicht unterdurchschnittliche Temperaturen.

Niederschlagsvorhersage Februar – März – April 2010:

Für den Februar gibt es nach etwas mehr Niederschlag als gewöhnlich an, bei normalen Temperaturen bedeutet das, dass es im Februar ein wenig mehr als gewöhnlich schneien könnte. Die meisten Vorhersagen liegen über dem Median, die Ausreißer bleiben aber innerhalb der bekannten Grenzen. Extremereignisse mit außergewöhnlichen Niederschlagsmengen über mehr als einige Tage sind somit eher nicht zu erwarten.

Im März bestehen ebenfalls gute Chancen auf mehr Niederschlag als normal. Es wurden auch etwas weniger Ausreißer berechnet, es besteht somit sowohl eine geringe Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen mit einer sehr großen Monatssumme, es könnte aber auch ein ungewöhnlich trockener Monat werden.

Der April sieht ziemlich normal aus, eine geringe Wahrscheinlichkeit von zu niedrigen Monatssummen des Niederschlags ist erkennbar.



ZAMG, Regionalstelle für Tirol & Vorarlberg
 Wetterdienst Innsbruck
 Fieserweg 130, A-6020 Innsbruck, Austria
 Tel. +43-0312-285598 Fax: +43-0312-285626 E-Mail: innsbruck@zamg.ac.at

4-WOCHEN-VORHERSAGE

Prognose vom: Montag, 12. September 2011 um 13:22 Uhr

Aus dem vorliegenden Datenmaterial, das sich in erster Linie aus den Berechnungen des Europäischen Zentrum für Mittelfristvorhersagen (ECMWF) ergibt, ergibt sich für die kommenden Wochen folgendes Bild:

Kalenderwoche 14 (04.04.11-10.04.11):

An Montag quert eine Kaltfront mit teils kräftigen Schauern und markanter Abkühlung. Danach dürfte sich eine Nordwestströmung einstellen, die zunächst unter Hochdruckeinfluss steht. Mit den Temperaturen geht es langsam wieder bergauf. Richtung Wochenende dürfte es dann etwas wechselhafter werden, wie viel Niederschlag tatsächlich dabei sein wird, ist noch sehr fraglich. In Summe eine eher durchschnittliche Woche mit schwachen Anzeichen hin zu eher überdurchschnittlich als unterdurchschnittlich.

Temperatur/Niederschlag: Mittel Innsbruck 1971-2000 (T = 8,3 °C, NS-Summe = 15,3 mm)

Prognose Temperatur Innsbruck [°C]: 9

Prognose Niederschlag Innsbruck [mm]: 14

Kalenderwoche 15 (11.04.11-17.04.11):

Vermutlich für diese Jahreszeit typische Westströmung, die für leicht wechselhaften Wettercharakter sorgen dürfte. Dabei sollte es eher zu warm im Vergleich mit dem langfristigen Mittel sein, aber doch deutlich trockener als normal.

Temperatur/Niederschlag: Mittel Innsbruck 1971-2000 (T = 7,7 °C, NS-Summe = 16,1 mm)

Prognose Temperatur Innsbruck [°C]: 9,5

Prognose Niederschlag Innsbruck [mm]: 5





BEWÖLKUNGS- und STRALUNGS-PROGNOSE KÄRNTEN

Vorhersage des stromverbrauchsrelevanten Bedeckungsgrades für das KELAG-Versorgungsgebiet
 ausgegeben am Montag, 30. August 2010, 8 Uhr

für morgen Dienstag, 31. August 2010

Vormittag

3/8

Nachmittag

5/8

Prognose für Kärnten:

Letzte Regenschauer im Osten und Südosten Kärntens klingen ab. Während des Tags auf und es scheint zwischendurch die Sonne. In einigen Tälern kommt lebhaft bis stark nördlicher Richtung auf. Am Nachmittag nimmt die Quellbewölkung wieder zu und verewittrige Regenschauer möglich. Die Schneefallgrenze sinkt gegen 2100m. Frühtemp. Prof. Höchsttemperatur 20 bis 24 Grad.

PROGNOSE DER INVERSIONSTENDENZ

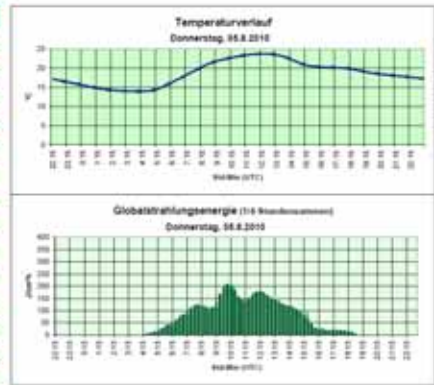
MI 28.7.	DO 21.7.	FR 22.7.	SA 23.7.	SO 24.7.	MO 25.7.	DI 26.7.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Inversion						
<input type="checkbox"/> Frühinversion						
<input type="checkbox"/> Tendenz zur Inversionsbildung						
<input type="checkbox"/> weiterhin Inversionslage						
<input type="checkbox"/> Abbau der Inversion						
<input type="checkbox"/> Steigen der Inversion						
<input type="checkbox"/> Sinken der Inversion						
<input type="checkbox"/> keine Angabe möglich						



PROGNOSE Temperatur und Globalstrahlung Klagenfurt

für Donnerstag, 08.8.2010 (Temperaturabweiche bzw. Globalstrahlungsummer der jeweiligen Vorhersage)

Uhrzeit	Temperatur (T _{ref})	Globalstrahlung (G _{ref})
22	17,3	0
21	16,6	0
20	15,8	0
19	14,9	0
18	14,3	0
17	14,0	0
16	13,9	0
15	14,2	12
14	15,3	43
13	17,8	86
12	19,8	123
11	21,6	113
10	22,6	209
09	23,3	142
08	23,7	119
07	23,6	152
06	22,7	121
05	21,0	94
04	20,3	31
03	20,1	19
02	19,8	18
01	19,2	1
00	18,5	0
23	18,1	0
22	17,7	0
21	17,3	0
Tagessumme: 1332		

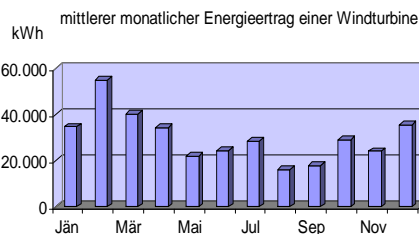


Anwendungen - Windenergie



Folgende Aufgaben werden von der ZAMG wahrgenommen

- Berechnung des geräte- und standortspezifischen Energieertrages
- Standortoptimierung
- Flächenpotentialstudien



Anwendungen - Krisenfallvorsorge

Meteorologische Beratung bei nuklearen Störfällen

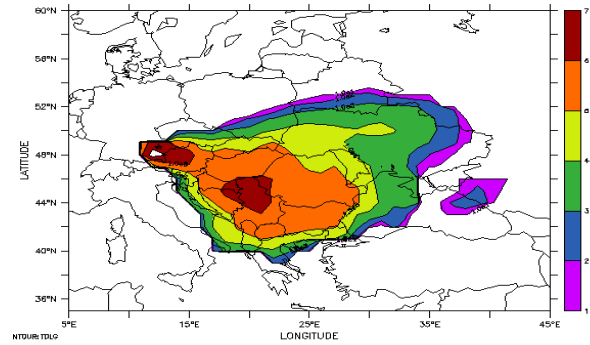
Beratung des staatlichen Krisenmanagements. Im Anlassfall werden Transportwege (Trajektorien), Konzentrationsfelder und Depositionsfelder berechnet. Daraus ist ersichtlich, ob und wann radioaktive Wolken nach Österreich transportiert werden.

Beispiel für einen fiktiven Störfall:



Großräumige Trajektorien

Prognostische Vorwärtstrajektorien für die nächsten 48 Stunden. Die Trajektorien überstreichen je nach Starthöhe unterschiedliche Gebiete Europas.

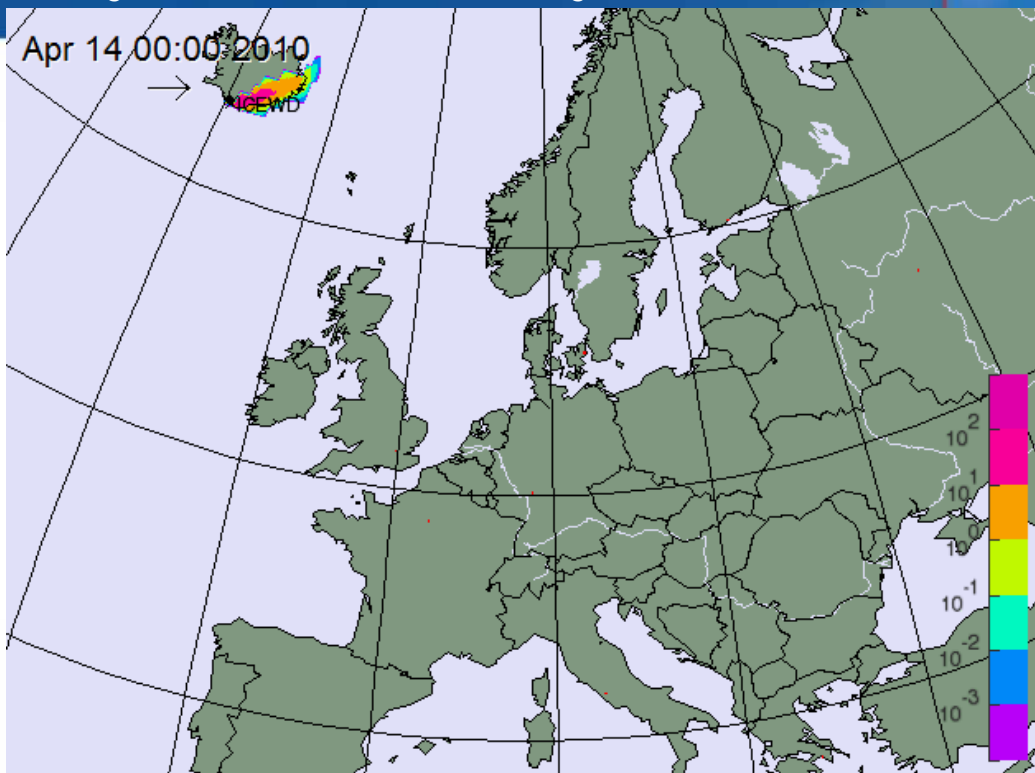


Modelliertes Depositionsfeld

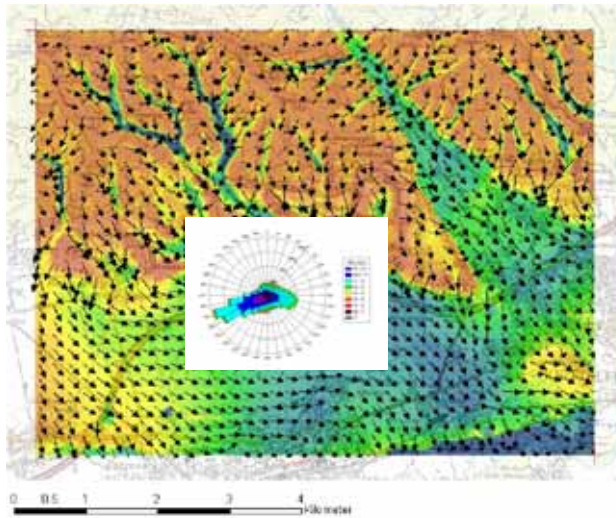
Nasse und trockene Deposition von Cs137 nach 48 Stunden. Bei einem Unfall zum Rechenzeitpunkt wären Österreich und große Teile Osteuropas betroffen.



Anwendungen – Simulation Ausbreitung der Aschewolke



Anwendungen - Umweltmeteorologie



Anwendungen - Hagelgefährdungskarte

Projekte - HAGELGEFÄHRDUNGSKARTE ÖSTERREICH

- Hagelpotential
- (TORRO-Klassen 0 - 7)
- Verschneidung der aus
- *Unwetterchronik* (1971 bis 2011) mit
- *Radar-Zelltracking* (ab 2002)
- Darstellung von Regionen bis 1500 m Sh



<http://www.hora.gv.at/>

Einbindung in HORA Naturgefahrenkarten

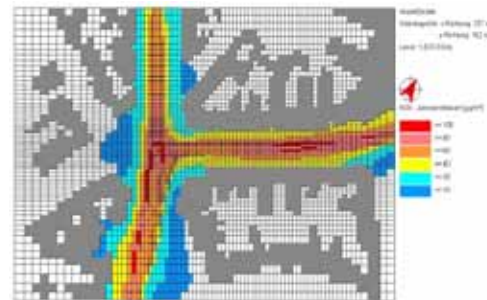
Friedrich Wölfelmaier
15.11.2016
Folie 33

Anwendungen - Gutachten

Gutachten

Friedrich Wölfelmaier
15.11.2016
Folie 34

- Großgutachten
 - - UVE Fachgutachten
 - Straßenbau,
 - Bahnlinien (-tunnel),
 - E-wirtschaft
- Kleingutachten (Gerichte, Versicherungen, Firmen)
- Schneelast, Windlast
- Starkniederschlags-Bemessungsgutachten
- Schlechtwetter Gutachten (Baugewerbe)



Immissionen in Straßenzügen im stark verbauten Bereich.



Anwendungen – Eventbetreuung

Alpine Ski-WM 2013 in Schladming

Friedrich Wölfelmaier
15.11.2016
Folie 35

Ein Team mit 2 Meteorologen +
Wetterbeobachter/Techniker vor Ort

- TAWES-Sonderstation Schladming
- 2 Sonderstationen, Planai
- Station Ramsau
- Gondelstation (T,RF,p)
- Webcams



Anwendungen – weitere Produkte



Wetterprognose

Friedrich Wölfelmaier
15.11.2016
Folie 36

-
- ORF, private Rundfunksender
- Straßendienste
- Winterdienste (Gehsteigreiniger)
- Homepage ZAMG
- Schigebiete – Homepage, Pistenwetter
- Zeitungen
- Elektrizitätsversorger
- Luftgüteprognosen
- Alpine Vereine
- Öffentliche Verkehrsmittel
- Hitzeindex f. Sanitätsamt
- Weinbauern



Anwendungen - Warnungen



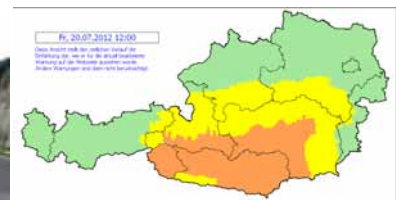
Warnungen vor gefährlichen Wettersituationen, im Katastrophenfall vor Ort

Friedrich Wölfelmaier
15.11.2016
Folie 37

- Warnungen für Land Steiermark, Feuerwehren, Öffentlichkeit



Foto: A. Sudy



20./21.7.2012, St. Lorenzen: 104 Liter (in 2 Tagen, von 20.6.-4.8.: ca. 600 l Liezen hat 1017 l Jahresniederschlag)



Beratung des Krisenstabes in St. Lorenzen



Anwendungen – Lawinenwarndienst Stmk & Noe

Lawinenwarndienst Niederösterreich

Lawinenlagebericht für Niederösterreich vom Mittwoch, dem 08.04.2015 um 07:49 Uhr

Lawinenwarndienst Steiermark

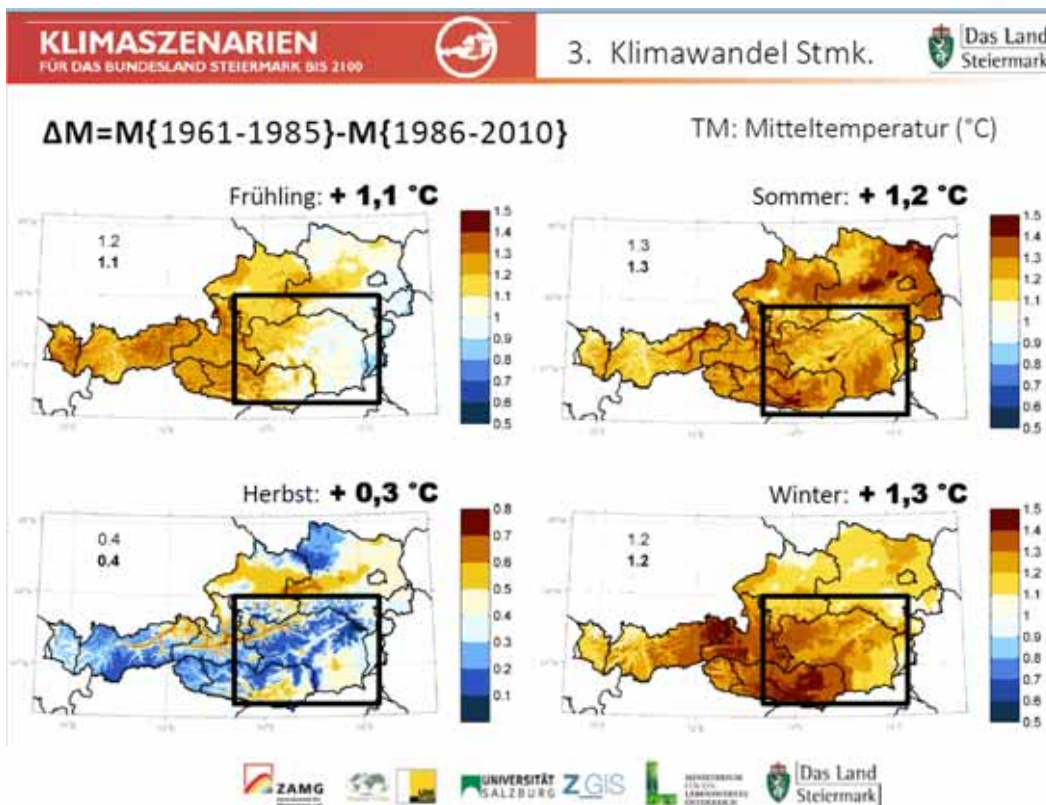
Erster Wintereinbruch im Gebirge



Nass- und
 chsgebiet gilt heute
 anke Nordwind hat
 fällig sind. Besonders
 ode, in steilem
 nicht vor spontanem
 Shen vermehrt mit



Anwendungen – Ausblick in die Zukunft



Anwendungen – Ausblick in die Zukunft

KLIMASZENARIOEN

FÜR DAS BUNDESLAND STEIERMARK BIS 2100

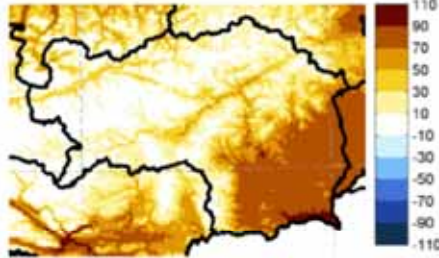


3. Klimawandel Stmk.



Änderung ΔM :
+0 bis +110 ($^{\circ}C, Kd$)

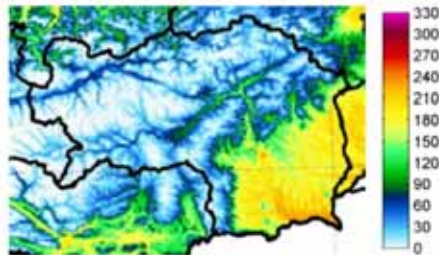
(durchschnittlich
+85%)



Kühlgradtagzahl
($^{\circ}C, Kd$)

KLIMAMITTEL
1986-2010

0 bis 260 ($^{\circ}C, Kd$)



Anwendungen – Ausblick in die Zukunft

KLIMASZENARIOEN

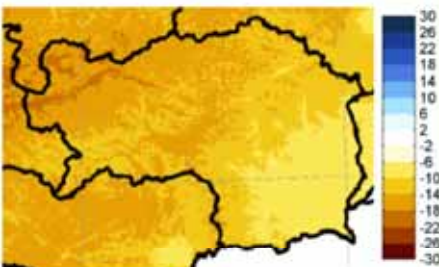
FÜR DAS BUNDESLAND STEIERMARK BIS 2100



3. Klimawandel Stmk.



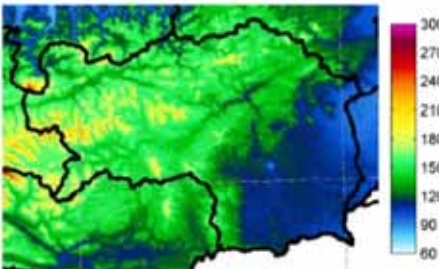
Änderung ΔM :
-6 bis -22 (Tage)



Frosttage
($T_{min} < 0^{\circ}C$, Tage)

KLIMAMITTEL
1986-2010

90 bis 230 (Tage)





FOLGEN des Klimawandels

- Heizbedarf nimmt ab
- Kühlbedarf nimmt zu

- Schneedeckendauer nimmt ab
- Eis- und Frosttage nehmen ab
- Vegetationsperiode wird länger



Schlüsselaussagen Klimawandel bis 2100

Ohne Klimaschutz erwarten wir bis zum Ende des Jahrhunderts in der Steiermark...

- einen Anstieg der Temperatur um über 4 Grad
 - Das bedeutet z.B. für Graz:
+31 Hitzetage und +15 Tropennächte
Steigender Kühlbedarf (360Kd)
- eine Zunahme des Niederschlags im Winter um über 20%

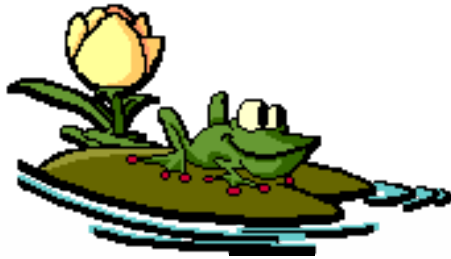


<http://www.technik.steiermark.at/cms/ziel/132190538/DE/>



Danke

15.11.2016



DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

