



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI  
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

# Das numerische Wettervorhersagemodell COSMO von MeteoSchweiz und seine Anwendung für die Gebäudeklimaregulierung

Francis Schubiger

MeteoSchweiz

[francis.schubiger@meteoswiss.ch](mailto:francis.schubiger@meteoswiss.ch)

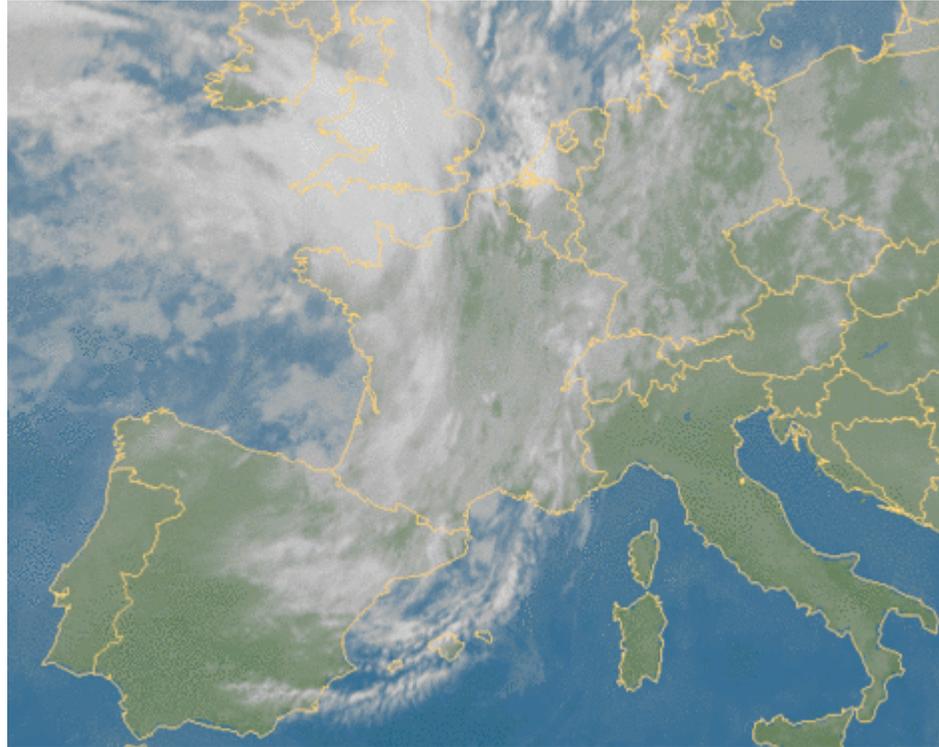
5. Planerseminar Hochschule Luzern

24. März 2009





# Das Wetter in Europa...



beobachtet vom Satellit

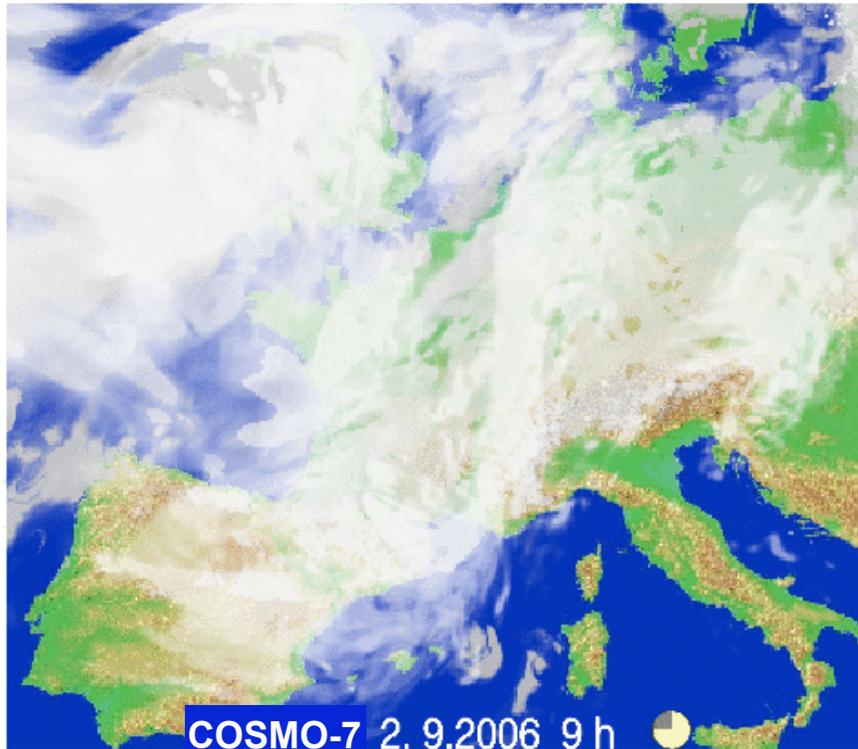


# Kann man das mit dem Computer berechnen?

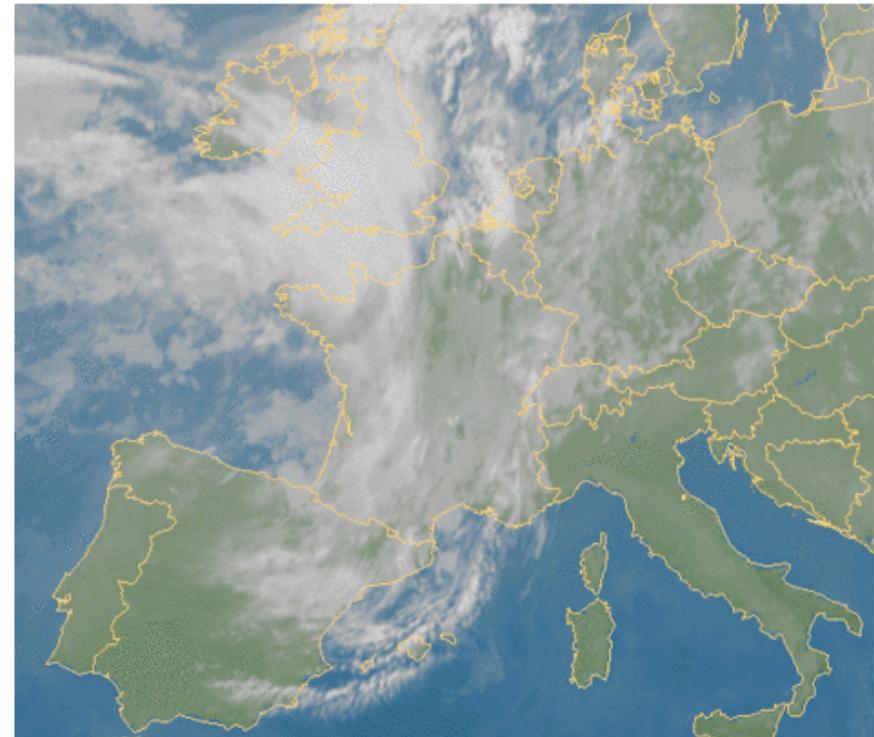




# Ja, man kann....



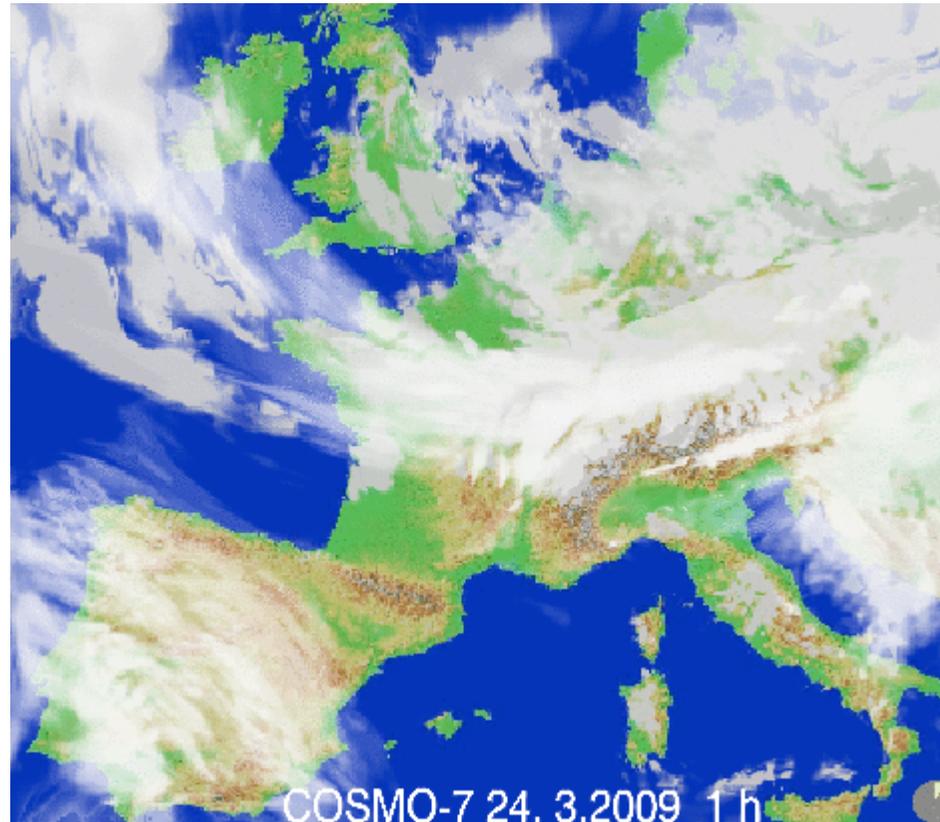
berechnet



beobachtet



**...und sogar in die Zukunft hinaus!**



voraus berechnet



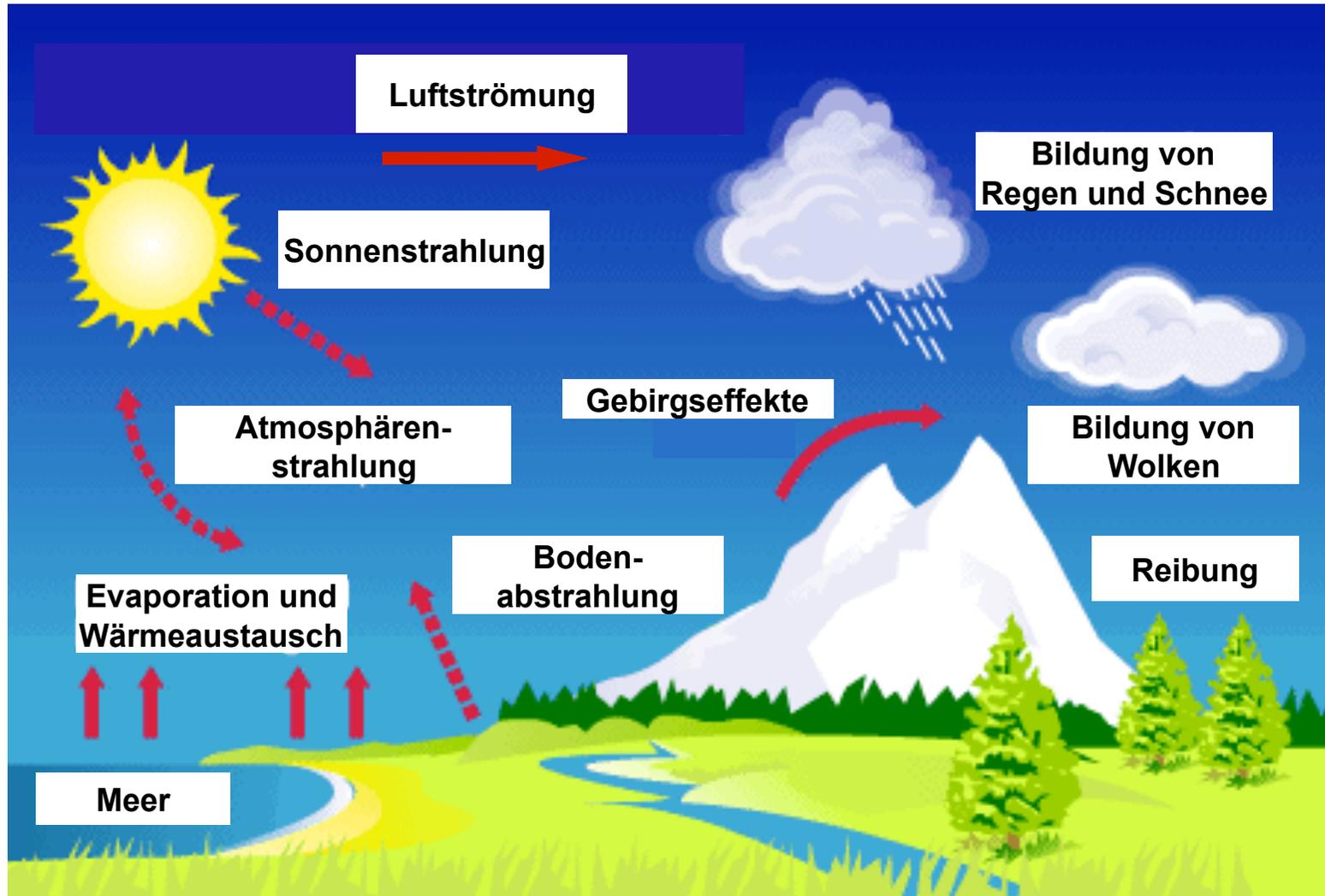
# Numerisches Wettermodell: Zutaten

Man nehme...

- **Physikalische Gesetze** geltend für die Atmosphäre (in Form von Differentialgleichungen)
- **Anfangsbedingungen** (Ist-Zustand der Atmosphäre)
- **Computerprogramm**, das daraus den Zustand der Atmosphäre in der Zukunft berechnet



# Atmosphärische Prozesse





# Gesetze der Atmosphäre

- **Gute Nachricht: Die Gleichungen der Atmosphäre sind bekannt** (Navier-Stokes Gleichungen):

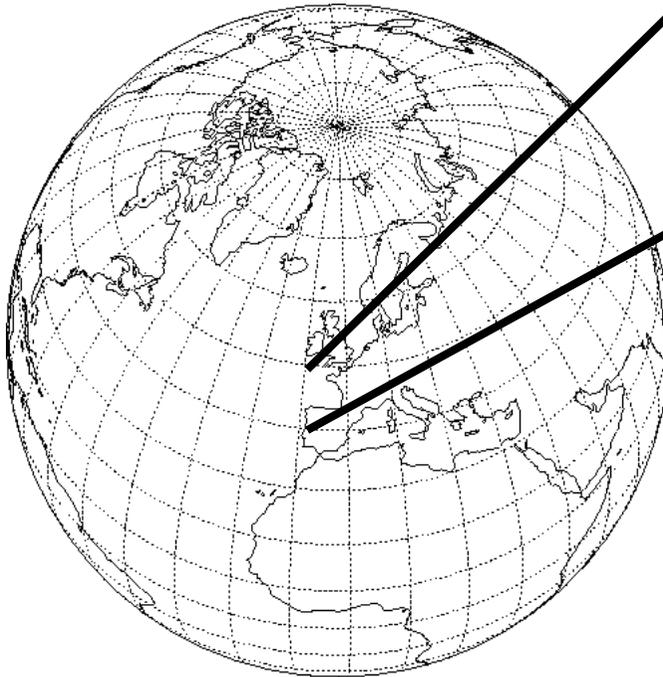
7 Gleichungen mit 7 Unbekannten  
(Druck, Temperatur, 3 Windrichtungen, Dichte, Feuchte)

- **Schlechte Nachricht: Sie lassen sich nicht exakt lösen**
- Ausweg: Man löst sie auf einem Rechengitter numerisch (d.h. mit einem Computerprogramm)



# Modellgitter

Der Raum wird in  
kleine Zellen aufgeteilt



1 Wert für jeden  
Parameter:

- Druck
- Temperatur
- Wind
- Feuchte
- ...

Maschenweite

Höhe über Meer

25 km

5 km

0 km

W

O

**Modell-  
schichten**

Millionen von Gitterzellen!



# Parametrisierungen

- Viel passiert aber innerhalb einer Gitterzelle, z.B.
  - Wolkenprozesse
  - Turbulenz
  - Strahlung
- Diese Prozesse werden grob durch einfache Formeln schematisiert (parametrisiert)
- Höhere Auflösung: Weniger zu parametrisieren

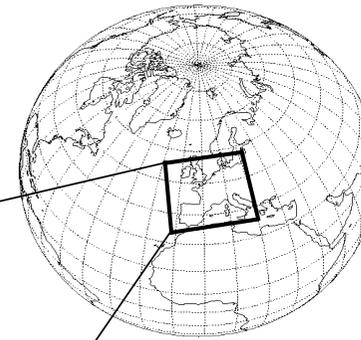
## Gitterzelle



Maschenweite

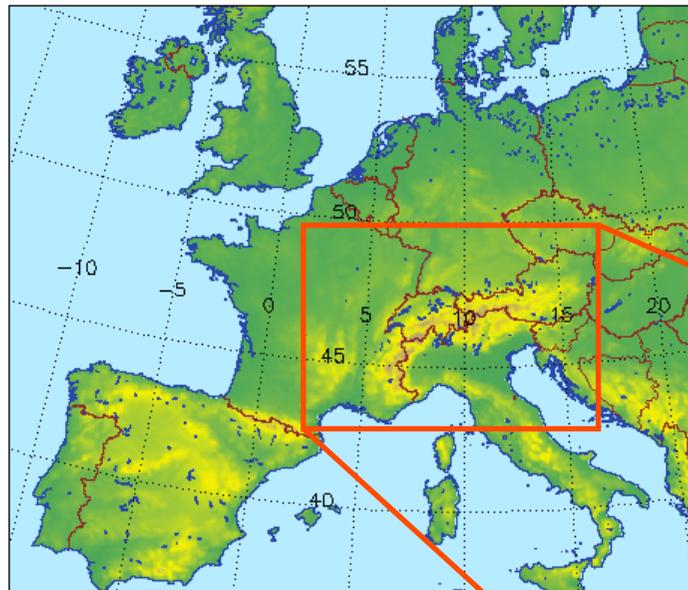


# MeteoSchweiz: COSMO-Modellkette

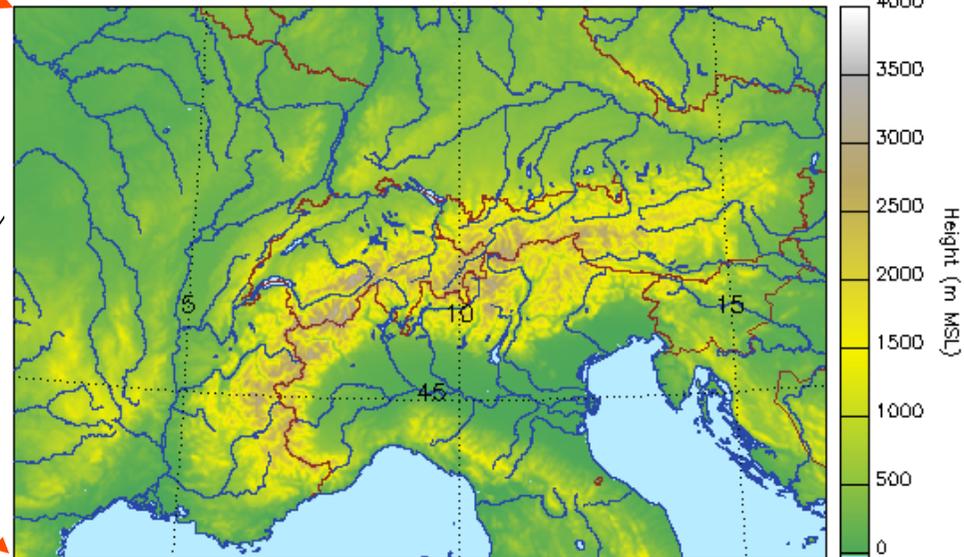


EZMW / IFS  
25km Maschenweite  
synoptische Skala

COSMO-7: 6.6 km Maschenweite, 60 Schichten  
eigene Assimilation, 2x täglich bis +72h



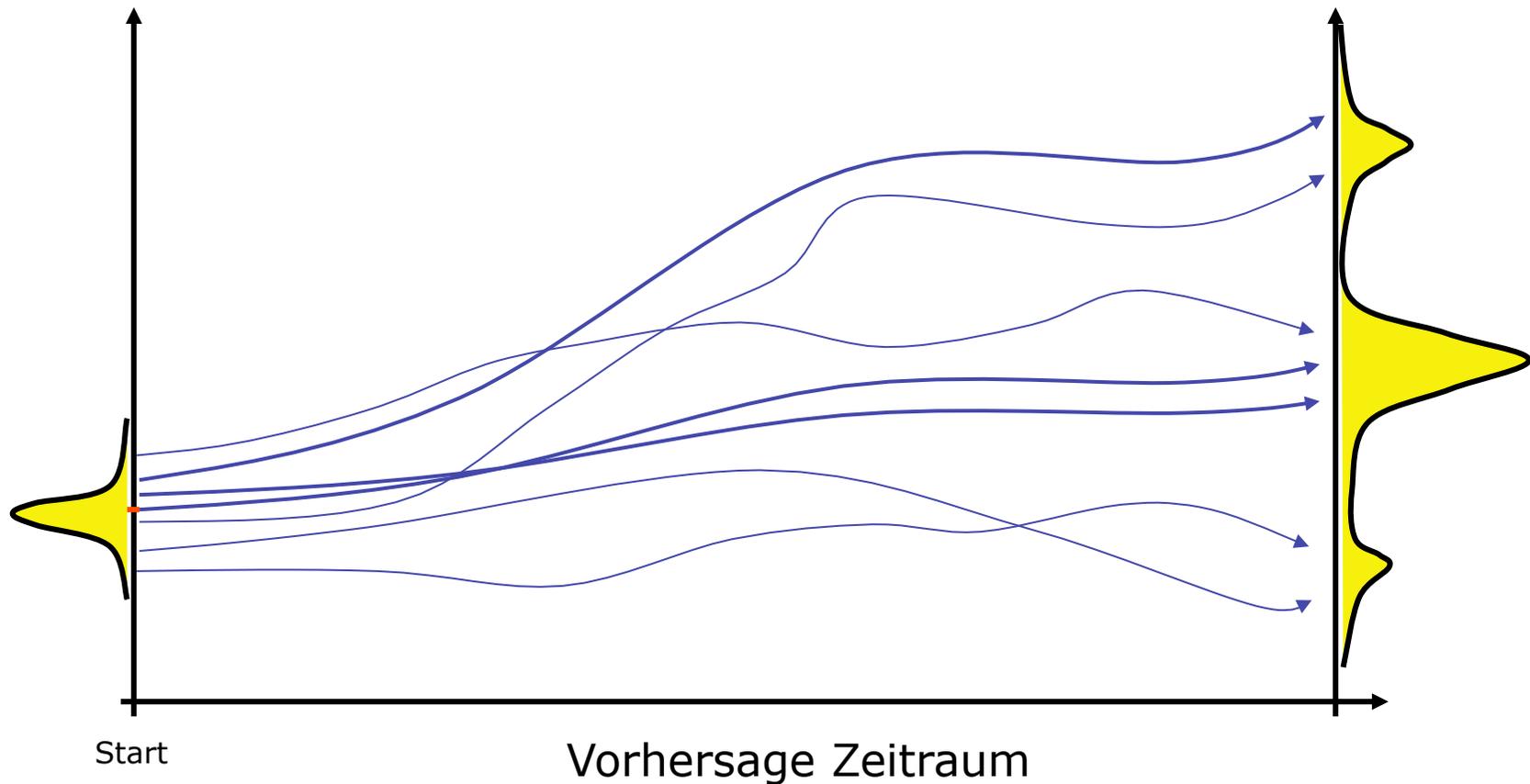
COSMO-2: 2.2 km Maschenweite, 60 Schichten  
eigene Assimilation, 8x täglich bis +24h





# Prognose-Unsicherheit

Wettersystem ist chaotisch → schnelles Wachstum kleiner Störungen (Schmetterlingseffekt):



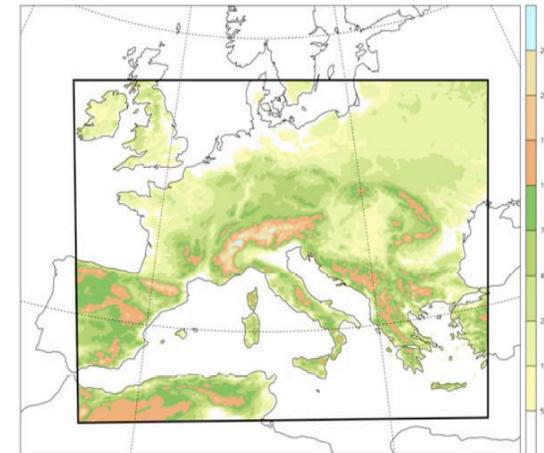


# COSMO-LEPS

COSMO - Limited-area Ensemble Prediction System

Eckdaten:

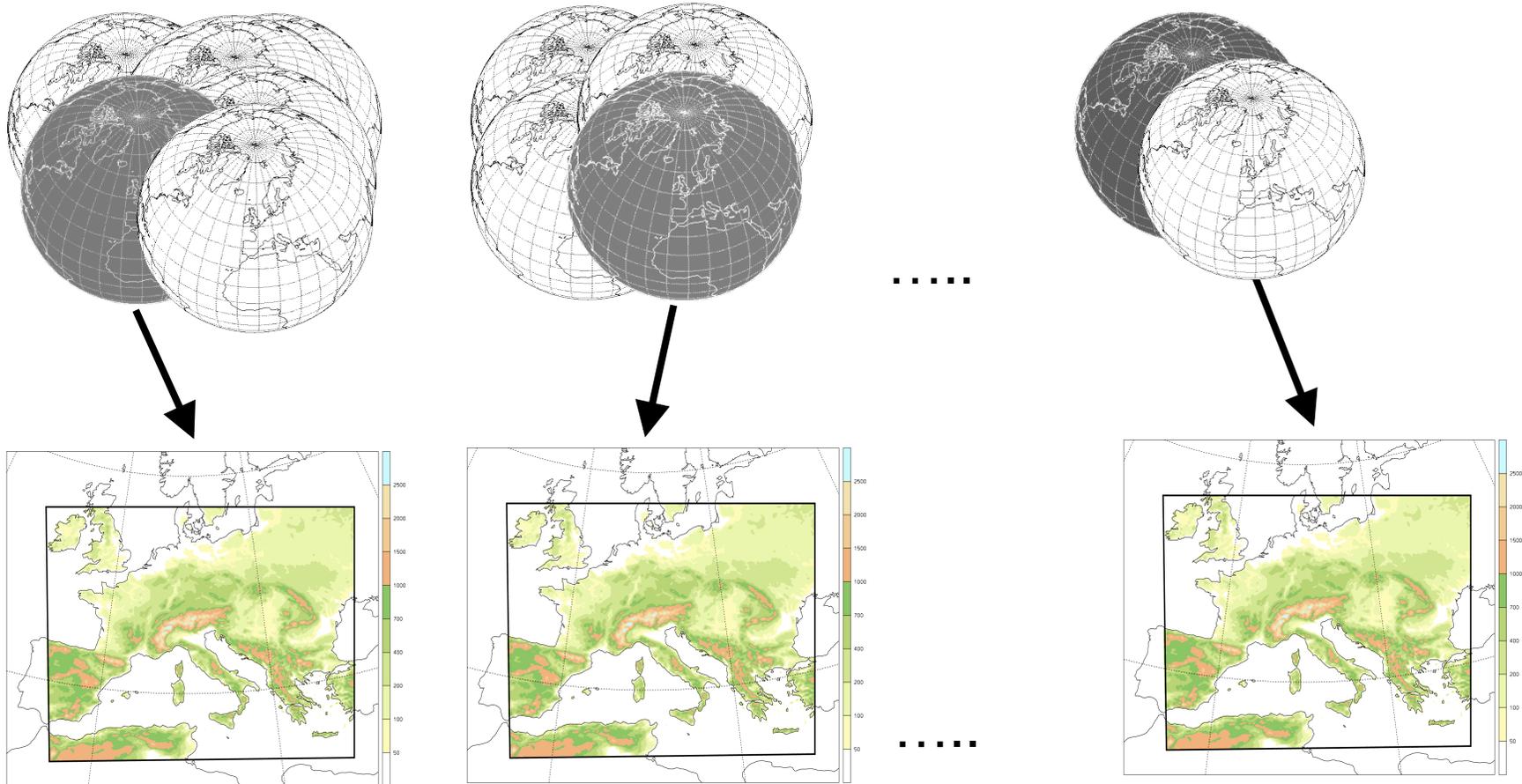
- 5-Tages Vorhersagen (132 Stunden)
- Gebiet: Europa
- Maschenweite ~10 km, 40 Modell-Schichten
- Berechnung am EZMW
- 16 Vorhersagen („Member“)





# COSMO-LEPS Strategie

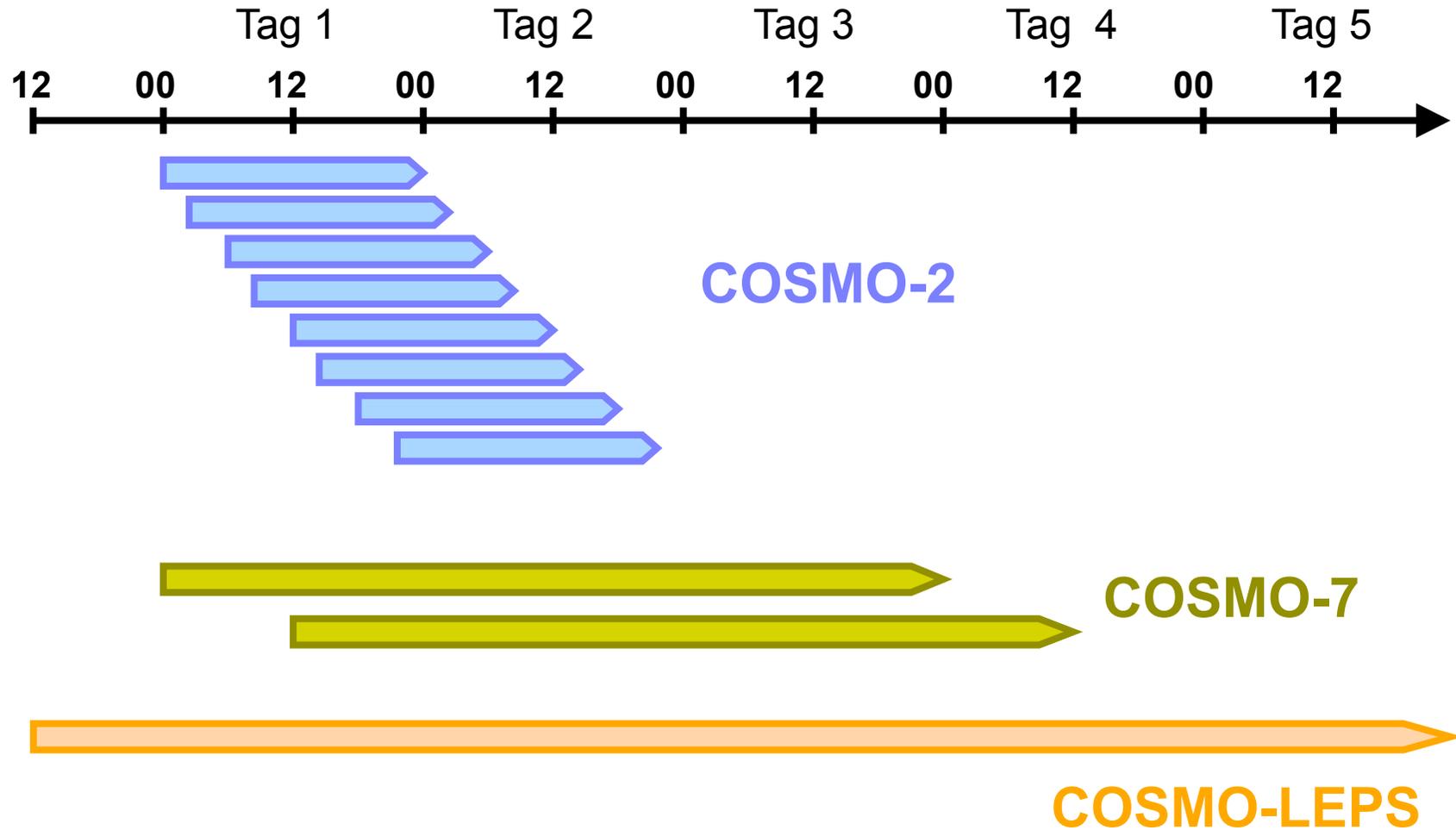
Globale Ensemble des EZMW: 102 Members eingeteilt in 16 Gruppen



**16 COSMO Simulationen gewichtet anhand der Gruppengrösse**



# Unsere COSMO Modell-Palette





# Unsere Kunden im Segment Energie

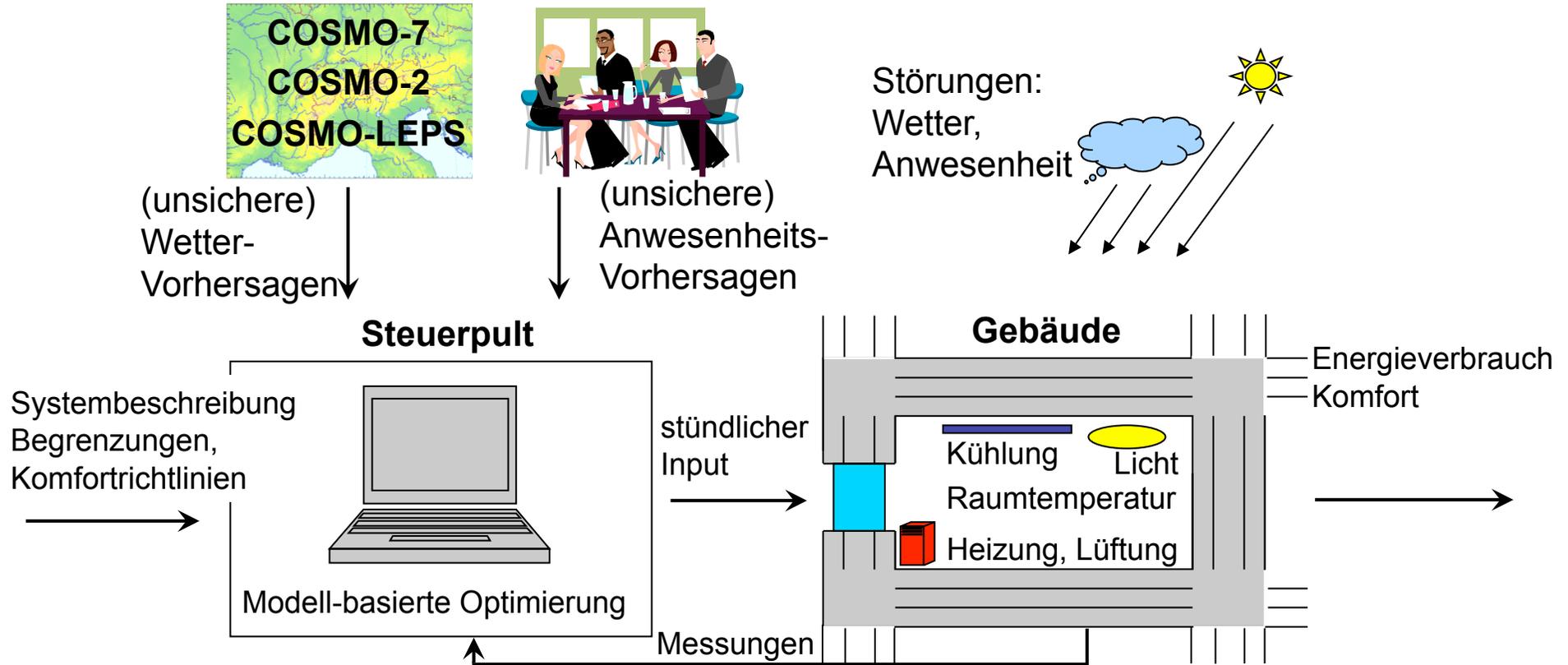
- Gebäudeautomation
  - Siemens Schweiz AG (**Forschungsprojekt OptiControl**)
  - Geschäftshäuser
    - ABB Power Tower Baden
    - Sunrise tower Zürich
    - Geschäftshaus Leonardo Zürich-Oerlikon
    - Hürlimann Areal City Süd, Zürich
  - Neue Monte Rosa Hütte (2885 m)
- Stromlastvorhersagen - Energiehandel
  - Girsberger Informatik, Efforte, ....
- Gaswirtschaft (jeweils Winterhalbjahr)



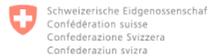
# Projekt OptiControl

www.opticontrol.ethz.ch

## Verwendung von Wetter- und Anwesenheits-Vorhersagen für die optimale Gebäudeklimaregelung



Partners:



MeteoSchweiz





# Projekt OptiControl (2)

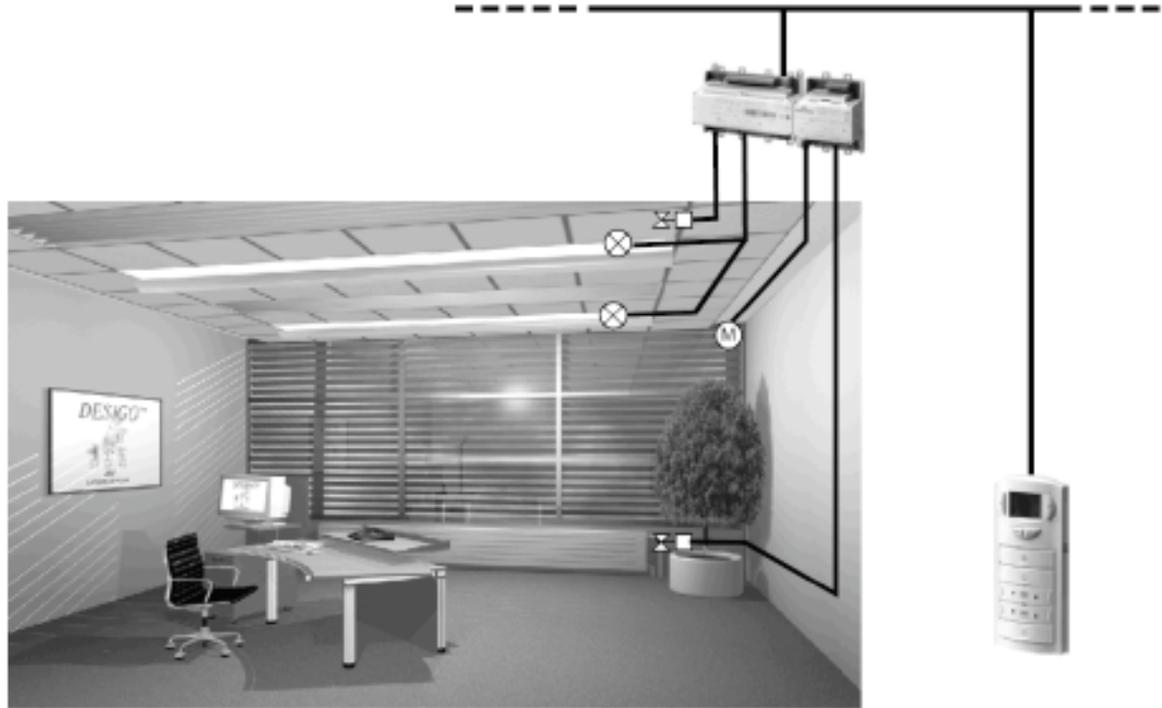
- Ziele
  - Entwicklung von Methoden zur Nutzung von Wetter- und Anwesenheits-Vorhersagen um
    - die Energieeffizienz und den Komfort von Gebäuden zu erhöhen
    - Strom-Spitzenlasten zu begrenzen
- Ergebnisse
  - Neue Regelungs-Verfahren / Methoden
  - Software/ Tools
  - Kosten-/Nutzen Analyse
  - Anwendung an Demonstrator-Objekten



# Kontrollaufgabe – Integrierte Raum-Automatation

Integrierte Kontrolle der

- Heizung
- Kühlung
- Lüftung
- Beleuchtung
- Storen



eines einzelnen Raumes oder einer Gebäudezone



# Kontrollaufgabe – Varianten der Gebäude-Systeme

*Gebäude-System*

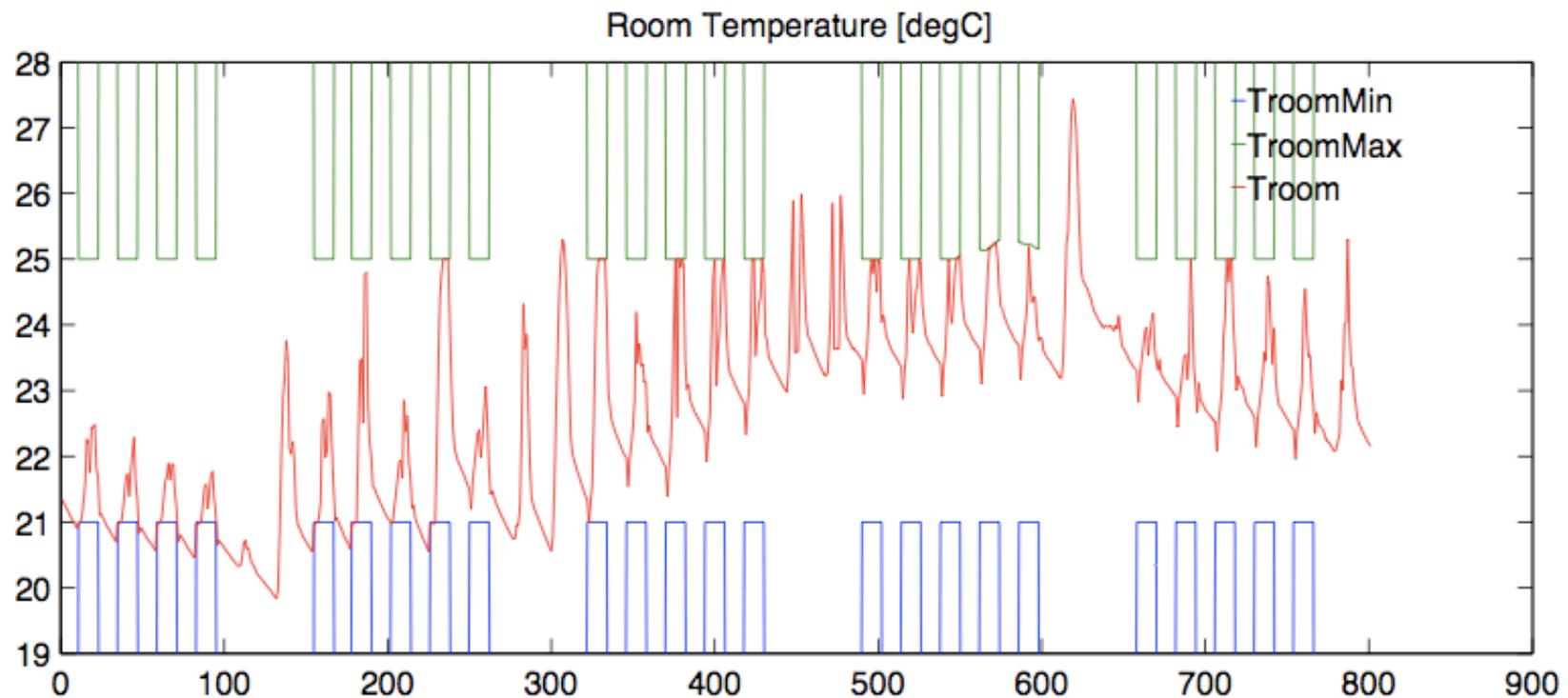
*Automatisierte Subsysteme*

	S1	S2	S3	S4
Storen	x	x	x	x
Elektrische Beleuchtung	x	x	x	x
Mech. Lüftung: Volumenstrom, Heizung, Kühlung	–	x	x	x
Mech. Lüftung: Energierückgewinnung	–	x	x	x
Natürliche Lüftung (nur während der Nacht)	–	–	–	x
Träge Kühldecke	x	x	–	–
Freie Kühlung mit nassem Kühlturm	x	x	–	–
Heizkörperheizung	x	x	–	–
Fußbodenheizung	–	–	–	x



# Kontrollaufgabe

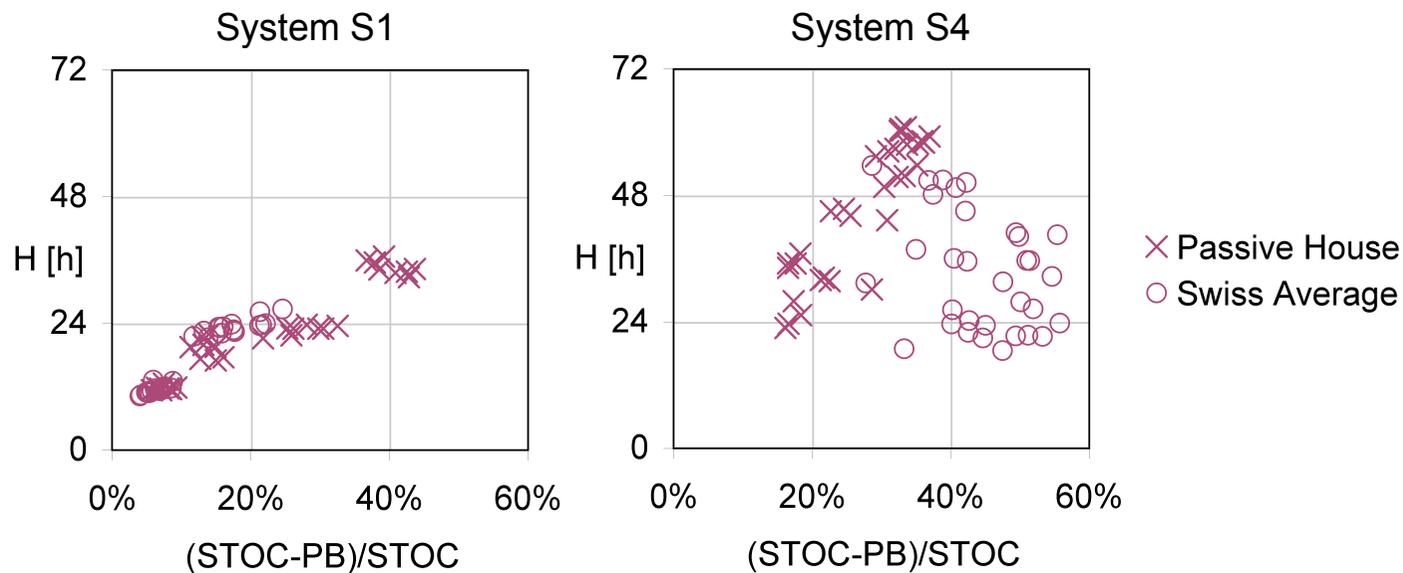
Die Raumtemperatur mit minimalem Energieverbrauch im vorgeschriebenen Komfortbereich halten (Ausnutzen Komfortband/Gebüudemasse, optimale Nutzung billiger Energiequellen)



Dimitrios Gyalistras, Projektleiter OptiControl



# Erforderliche Vorhersage-Horizonte zum Erreichen des minimal möglichen Energieverbrauchs bei vorgegebenen Komfortanforderungen („Performance Bound“)



Vorhersage-Horizont hängt stark vom Gebäude-System ab

Dimitrios Gyalistras, Projektleiter OptiControl

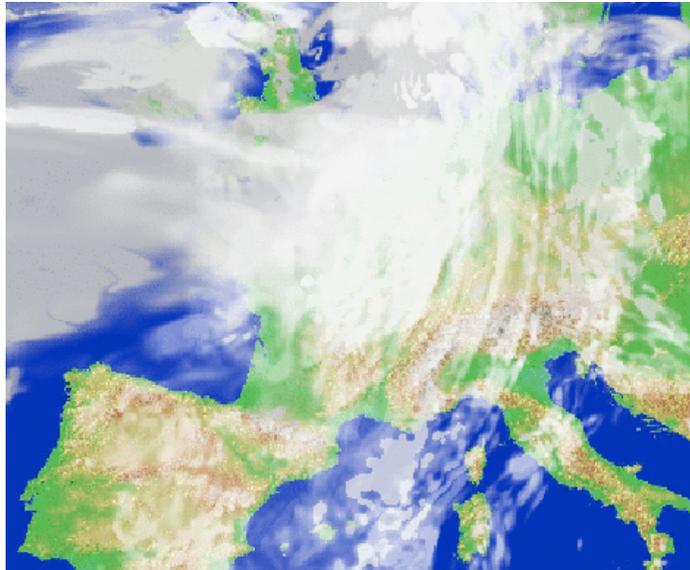


# Zusammenfassung der ersten Ergebnisse des Projekts OptiControl

- Identifikation von etlichen Fällen mit hohem Verbesserungspotential (Energie u/o Komfort) dank verbesserter Kontrolle
- Zusatznutzen – auch von Wettervorhersagen - variiert stark von Fall zu Fall
- Passende Werkzeuge (“tools”) und Datensätze sind wichtig, um für den Einzelfall korrekte Aussagen machen zu können
- Detaillierte Studien mit aufwändigen Kontrollalgorithmen können nützlich sein für die Bestimmung von einfachen, verbesserten Kontrollstrategien



# Besten Dank für die Aufmerksamkeit !



## Fragen?



**COSMO-LEPS & COSMO-7 Meteogram** 2009-03-23 12 UTC  
Luzern 47.0N 8.3E 456m (LEPS 719m / COSMO-7 530m)

— Median    ■ 25% - 75%    - - - - Min / Max    — COSMO-7    - - - - Obs

