

# Das Klima gestern, heute und morgen – Fakten und Ängste

Ernest Rudel



# Das Wetter und seine Auswirkungen machen uns jetzt schon Angst.

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 2



## Wie wird das in der Zukunft?



© by Alexander Dumps

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## Etwas zum Nachdenken

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 3



### Reporter:

Wieso ist es eigentlich zum Dogma geworden, dass wir uns vor wärmeren Zeiten fürchten müssen?

### Prof. Dr. Josef H. Reichholf:

Das ist mir auch ein Rätsel. Noch vor vierzig Jahren fürchteten sich die Menschen aufgrund von wissenschaftlichen Aussagen eher vor einer neuen Eiszeit – und das wäre auch eine große Gefahr für die menschliche Zivilisation. Denn Zeiten der Wetterverschlechterung waren immer die Katastrophenzeiten, nicht die Phasen des wärmeren Klimas. Gerade um eine wachsende Bevölkerung auf diesem Planeten zu ernähren, müssten wir uns ein wärmeres Klima wünschen. In warmen Regionen ist der Aufwand viel geringer das Überleben zu sichern.

Aus der Spiegel Nr. 19; 7.5.2007



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



**Heute gibt es in der Wissenschaft keine Zweifel mehr daran,  
dass das Klima immer extremer wird!“**

(Erwin Mayer, Klimaexperte von Greenpeace)

**Der Hurrikan Katrina mit der Zerstörung von New Orleans  
ist der endgültige Nachweis der Katastrophen, die uns in  
Zukunft durch den Klimawandel drohen“**

(Klaus Töpfer, UNEP-ehemalige deutscher Umweltminister)

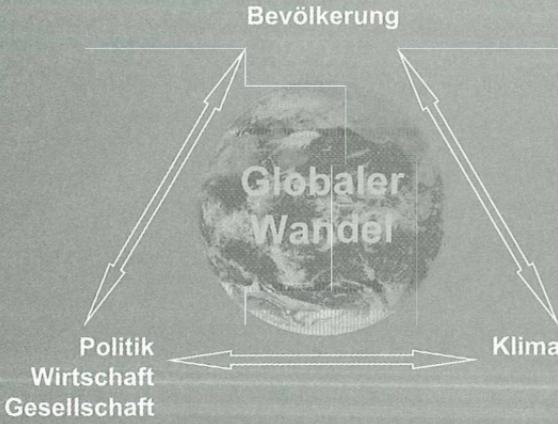
- Diskussionen über den globalen Wandel
- Was ist Wetter, was ist Klima?
  - Das Klimasystem und seine Einflussgrößen
  - Der Treibhauseffekt
- Klimavergangenheit
  - Datengrundlage
  - War es schon einmal so warm?
  - Zusammenhang CO<sub>2</sub> – Temperatur
- Klimazukunft
  - Klimamodelle und –szenarien
  - Klimaänderung / Was ist schon sichtbar?
  - Extremereignisse!
- Zusammenfassung
  - Klimaszenarien für Österreich
  - Nehmen die Wetterextreme zu?

# Problemstellung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 6



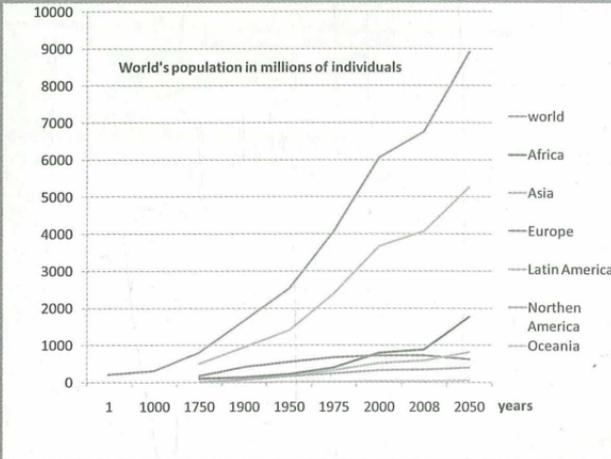
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Weltbevölkerungszahl

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 7



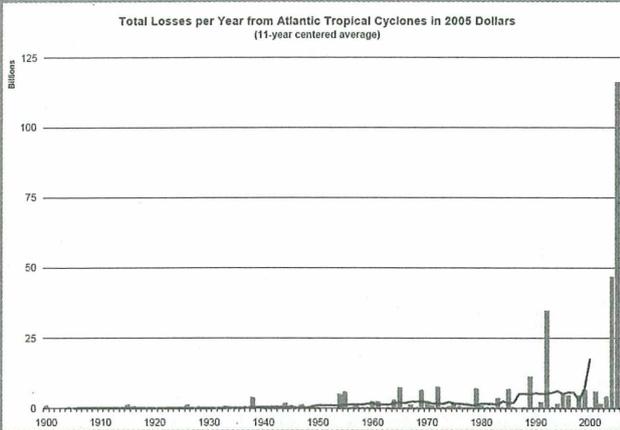
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Wirtschaftsentwicklung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 8



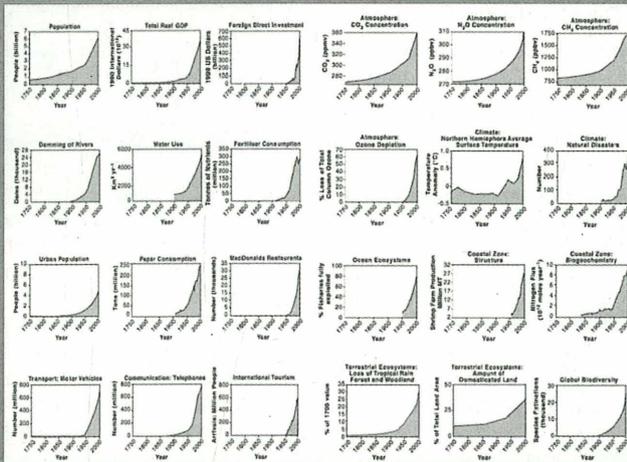
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Gesellschaftsentwicklung

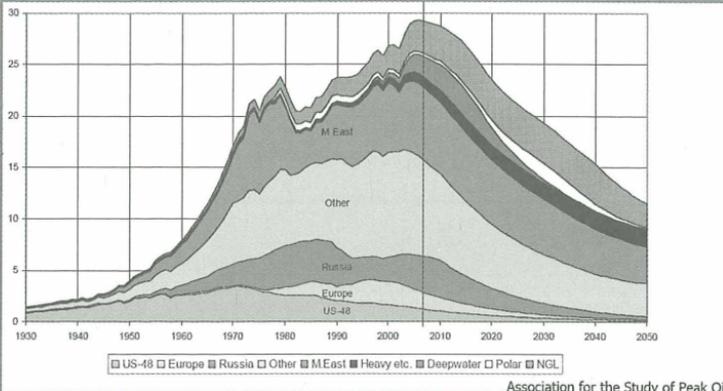
Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 9



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## FRAGEN DER ZUKUNFT

- Würde der Durchschnitts-Chinese soviel Öl verwenden wie der Durchschnitts-Amerikaner, würde China im Jahr 2030 99 Mio barrel Öl pro Tag brauchen. Derzeit wird weltweit 79 Mio barrel pro Tag gefördert.

Angela Merkel:



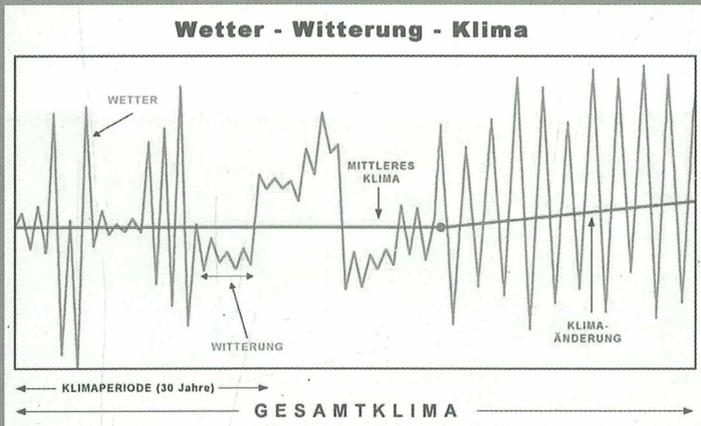
"Halbierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen heißt nichts anderes, als dass wir von CO<sub>2</sub>-Emissionen von heute 4 Tonnen pro Kopf der Weltbevölkerung auf 2 Tonnen kommen müssen. Dabei habe ich allerdings noch nicht eingerechnet, dass die Weltbevölkerung noch steigen wird. 4 Tonnen pro Kopf – China liegt heute bei 3,5 Tonnen, Indien liegt weit darunter, die Vereinigten Staaten von Amerika bringen 20 Tonnen pro Kopf auf die Waage, Deutschland 11 Tonnen, die Europäische Union im Durchschnitt 9 Tonnen. Da sehen Sie die Dimension, vor der wir stehen."

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Was ist Wetter, was ist Klima?

- Climate is what you expect, weather is what you get (Robert A. Heinlein)
- Climate lasts all the time and weather only for a few days (Mark Twain)
- Climate tells you what clothes to buy, but weather tells you what clothes to wear
  
- klínein (altgriechisch) = neigen, biegen, krümmen, anlehnen
- Wetter ist was in der Atmosphäre zu einem beliebigen Zeitpunkt passiert
- Klima ist ein Maß dafür, was man im Monat, in einer Jahreszeit oder in einem Jahr erwarten kann / darf / muss: dafür braucht man Statistiken (Mittel, Häufigkeiten, Extrema) von Beobachtungen über viele Jahre

## Klima???



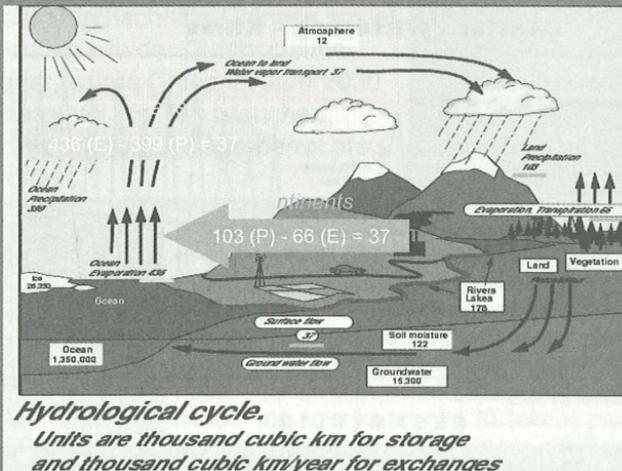
## Klimafaktoren

extraterrestrisch	terrestrisch	
	natürliche Ursachen	teilweise anthropogener Einfluss
Solarkonstante -langfristiger Trend (Erdbahnparameter-schwankungen)	Kontinentaldrift	Waldbrände *
Solarkonstante kurzfristige Variationen der Aktivität	Orogenese (Gebirgsbildung)	Zusammensetzung der Atmosphäre *
Rotation der Milchstraße und der kosmischen Materie	Vulkanismus	Vegetation * (Biosphäre)
Meteore und Meteoriten	Zirkulation der Atmosphäre, Salzgehalt der Ozeane *	Eis- und Schneebedeckung der Erde (Kryosphäre) *
Mond	El-Niño Phänomen *	Änderungen der Meeresströmungen (Hydrosphäre) *
Gezeitenkräfte der Planeten	Bewölkung *	Bodenversiegelung (Stadtklima) *

\* Wechselwirkungen mit dem Klima

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Kreislaufprozesse



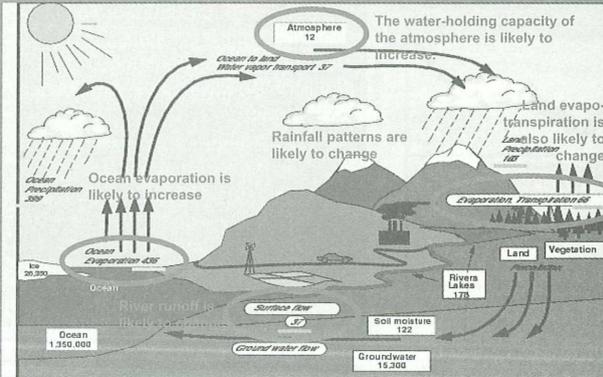
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Änderung der Kreislaufprozesse

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 16



## Hydrological cycle.

*Units are thousand cubic km for storage and thousand cubic km/year for exchanges*

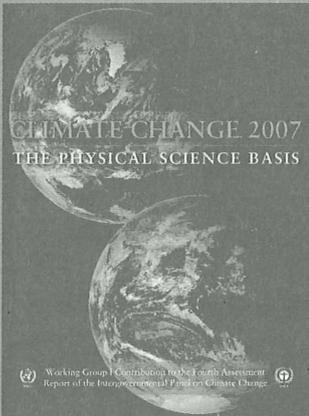
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Diskussion über die Klimaänderung I

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 17



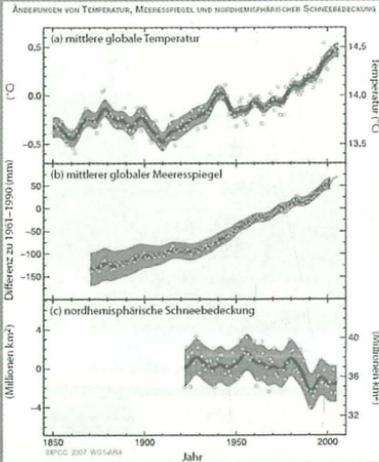
Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, wie dies nun aufgrund der Beobachtungen des Anstiegs der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, des ausgedehnten Abschmelzens von Schnee und Eis und des Anstiegs des mittleren globalen Meeresspiegels offensichtlich ist (IPCC 2007).

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

<http://www.ipcc.ch>

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

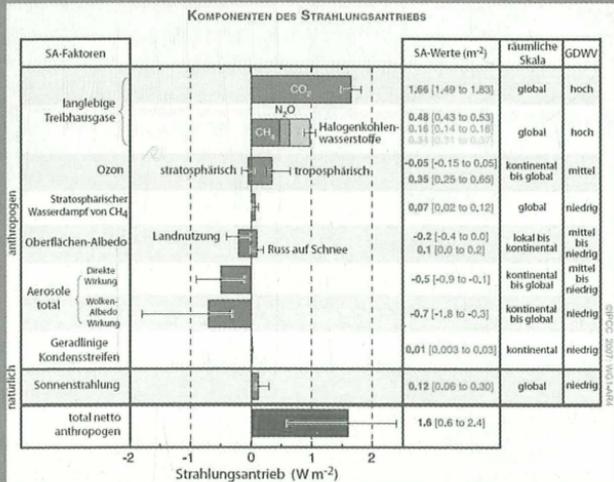
# Diskussion über die Klimaänderung II



Die Analyse langer meteorologischer Reihen zeigt neben stets auftretenden Schwankungen deutliche Änderungen in den letzten Jahrzehnten:

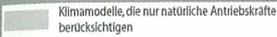
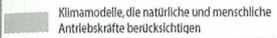
- a) Die Temperaturzunahme im letzten Jahrhundert ist die stärkste in 1000 Jahren, die letzte Dekade ist die Wärmste des Jahrhunderts.
- b) Der Meeresspiegel ist im letzten Jahrhundert um 10 bis 20 cm gestiegen, und der Anstieg scheint sich zu beschleunigen.
- c) Mit wenigen Ausnahmen gehen Schneebedeckung, Gletscher und Vereisung zurück.

Das Verständnis der erwärmenden und kühlenden anthropogenen Einflüsse auf das Klima hat sich stark verbessert und zu einem sehr hohen Vertrauen geführt, dass der globale durchschnittliche Netto-Effekt der menschlichen Aktivitäten seit 1750 eine Erwärmung war.

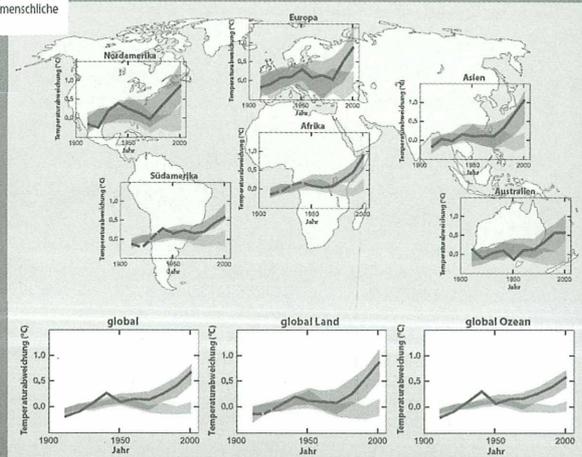


# Globale und kontinentale Temperaturänderung

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 20

-  Klimamodelle, die nur natürliche Antriebskräfte berücksichtigen
-  Klimamodelle, die natürliche und menschliche Antriebskräfte berücksichtigen
-  Beobachtungen

©IPCC 2007: WG1-AR4

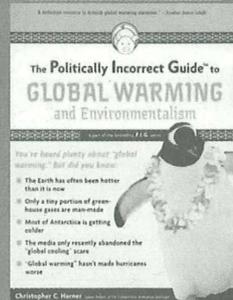


Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Klimawandelleugner

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 21

- John Daly: Anthropogen verursachter Treibhauseffekt ist Panikmache.
- Alan Caruba: Klimawandel ist der größte Schwindel des Jahrzehnts.
- Peter Dietze: Klimaforscher, die vor dem Klimawandel warnen sind Gutmenschen und Planetenretter.
- Douglas Hoyt: Weder Modelle noch Messungen können das tatsächliche Ausmaß des Klimawandels erfassen.



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Klimawandel ???

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 22

- Die Anzeichen für eine durch den Menschen verursachte globale Erwärmung mehren sich, dennoch bezweifeln Gruppierungen die Existenz eines anthropogen verursachten Klimawandels.
- Auffallend viele „Klimaskeptiker“ sind keine Klimatologen, sondern sind zumeist eindeutig wirtschaftlich oder politisch motiviert.
- Es gibt aber auch einige echte hochqualifizierte Klimaforscher, die Kritik am IPCC äußern.
- Das IPCC gesteht zwar ein, dass die bisherigen Modelle und Prognosen noch verbesserungsfähig sind, trotz aller bestehenden Unsicherheiten sehen sie jedoch eindeutige Tendenzen hin zu einer Erwärmung und einer potentiellen Bedrohung für Mensch und Natur.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Klimawandel !!!

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 23

- Klimavariabilität ist an sich ein natürlicher Vorgang. Das Klima ändert sich seit jeher und Moränen, Sedimente und Funde sind sichtbare Zeichen dafür. Ursachen für diese Änderungen können außerhalb oder innerhalb des Klimasystems liegen.
- Die Tatsache, dass derzeit eine Klimaänderung stattfindet, wird von der Wissenschaft nicht mehr in Frage gestellt. Die Frage, an der sich die Diskussion entzündet, ist worauf diese Änderung zurückzuführen ist: ob sie eine Folge natürlicher Prozesse ist (Klimavariabilität), oder ob sie von Aktivitäten der Menschen (Klimawandel) ausgelöst wird.
- Für die Wissenschaft ist die Frage der Ursache entscheidend, will man verstehen, wie die Entwicklung weiter gehen wird. Aus politischer Sicht ist die Frage wichtig, weil anthropogen verursachte Änderungen Maßnahmen mit vielfältigen wirtschaftlichen, sozialen und politischen Auswirkungen zu setzen sind, um diese Eingriffe zu minimieren.

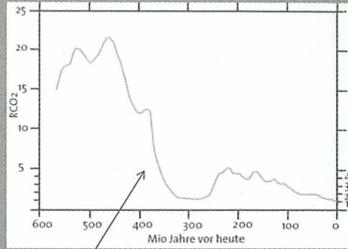
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Die Klimaantriebe auf der langen Zeitskala

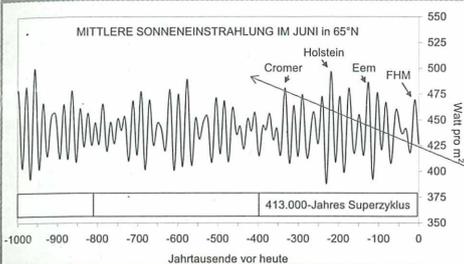
Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 24



Rekonstruktion des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Erdatmosphäre für die letzten 600 Millionen Jahre. Die vertikale Skala zeigt den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in Relativseinheiten zum heutigen an (300ppm = 1). Quelle: Huber, McLeod, Wing, 2000



Die Milanković-Zyklen der astronomischen Erdbahnparameter in der letzten Jahrmillion vor heute: Resultierende Schwankungen der Sonneneinstrahlung für 65° nördliche Breite. Quelle: Berger, 1992

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

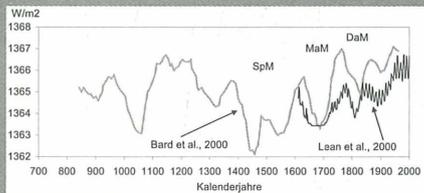
## Die Klimaantriebe auf der mittleren Zeitskala

Verein für Ökologie

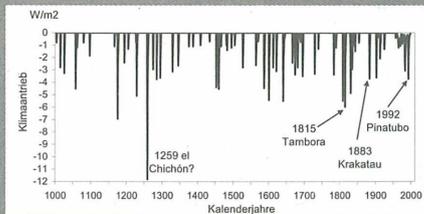
24.10.2008

Folie 25

Zwei Rekonstruktionen der zeitlichen Variabilität der „Solarkonstante“:  
 Schwarz: Aus den direkten Sonnenfleckenbeobachtungen (Lean et al., 2000)  
 Grau: Abgeleitet aus kosmogenen Baum-Jahring- $^{14}\text{C}$ - und  $^{10}\text{Be}$ -Isotopenreihen aus Eisbohrkernen (Bard et al., 2000)  
 SpM: Spörer Minimum, MaM: Maunder Minimum, DaM: Dalton Minimum



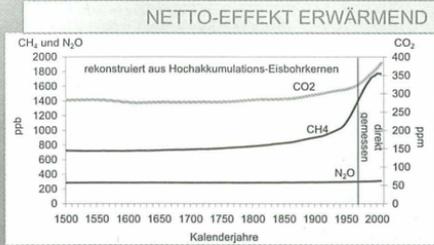
1000-jährige Rekonstruktion des Klimaantriebes durch Vulkanausbrüche, die Schwefeldioxid in die Stratosphäre schleuderten aus verschiedenen Eisbohrkernen und aus direkten Messungen. (Crowley, 2000)



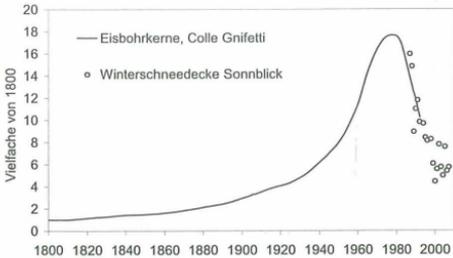
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

### Entwicklung der drei langlebigen Treibhausgase 1500-2007 aus Eisbohrkernen und aus direkten Messungen

Quelle: Robertson et al, 2001 (aktualisiert)



#### NETTO-EFFEKT ABKÜHLEND



Sulfatgehalt im Firn und Eis der Hochalpen. Kombiniert aus den stark geglätteten Daten eines Eisbohrkerns (Colle Gnifetti, 4450m, Monte Rosa Gipfelzone) seit 1800 mit jährlichen Messungen im Winterschnee im Sonnenblickgebiet (3100m, Hohe Tauern) seit 1982  
Quellen: Wagenbach, pers. Mitt. 2008 und Schöner, 1995 (aktualisiert bis 2007)

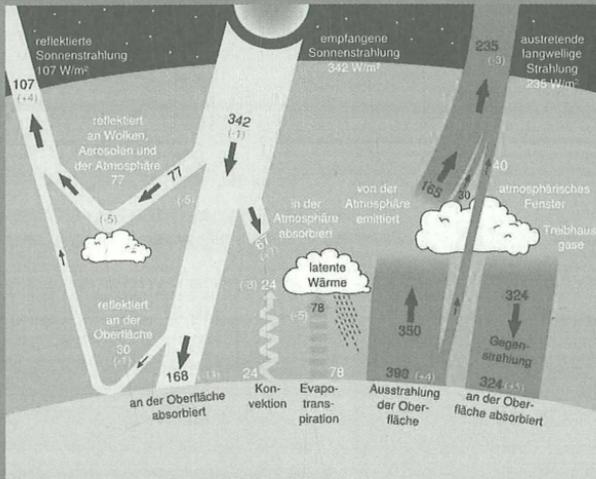
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

### Der Treibhauseffekt

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 27



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Der Treibhauseffekt

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 28

Bei völligem Fehlen der Atmosphäre unter sonst unveränderten Bedingungen würde auf der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  herrschen. Die tatsächliche Mitteltemperatur beträgt jedoch gegenwärtig etwa  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Die Differenz von  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist auf die Anwesenheit von Gasen in der Atmosphäre zurückzuführen, die im kurzwelligen Strahlungsbereich relativ schwach, im langwelligen jedoch stark absorbieren (Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Ozon und andere "Treibhausgase").

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Der Treibhauseffekt

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 29

Die wichtigsten anthropogen mitverursachenden Treibhausgase

Gas	Vol.MV (ppvm)	Zunahme pro Jahr (%)	Anteil am Zusatztreibhauseffekt	rel. Treibhauspotential
CO <sub>2</sub>	360	0,4 – 0,5	50	1
CH <sub>4</sub>	1,7	1,1	19	32
N <sub>2</sub> O	0,31	0,2 – 0,3	4	150
CFCl <sub>3</sub>	0,00028	~5	5	14.000
CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0,00048	~5	10	17.000
O <sub>3</sub>	4	~ (-1) (35 km)	8	

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Datengrundlage der Klimavergangenheit

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 30

### INSTRUMENTELLE DATEN:

- 1750-1850: frühe Periode mit noch unsicheren Ergebnissen aus direkten Messungen
- Seit 1850: voll entwickelte instrumentelle Periode mit Messnetzen der Wetterdienste (seit 1873 Weltorganisation, seit 1950 WMO)

davor:

### PROXIDATEN:

Indirekte Klimazeugen aus

- natürlichen Archiven wie Baumringen, Gletschern, Seen, Mooren, Löss, Tropfsteinen, u.a.
- historischen Archiven wie Logbüchern, Klosterarchiven, Tagebüchern, Zeitungen, u.a.

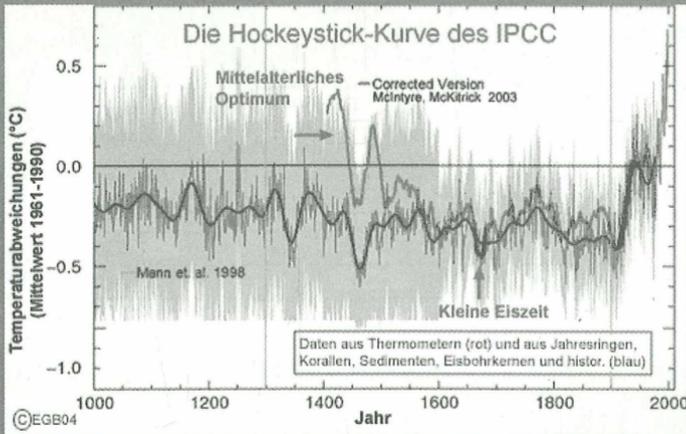
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## War es einmal schon so warm wie heute?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 31



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# War es einmal schon so warm wie heute?

Verein für Ökologie

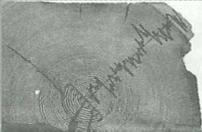
24.10.2008

Folie 32

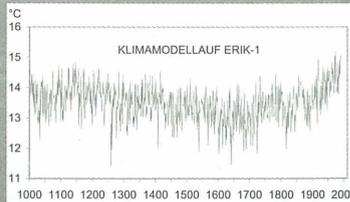
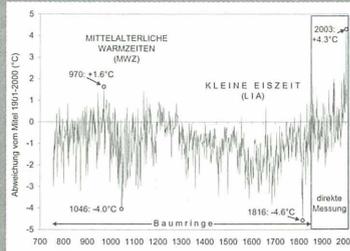
Rekonstruktion der Sommer-Frühherbst Temperaturen (Juni-September) in den Alpen seit dem Jahr 755 n. Chr.

755-1850: rekonstruiert aus Hunderten Jahrringdichtereihen (Büntgen et al., 2005).

1851-2006: direkt gemessene hochalpine HISTALP-Daten (Auer et al., 2007).



Klimamodellauf ERIK-1 (GKSS) für die Sommermitteltemperaturen (Juni-September) der Jahre 1000-1990 für Festlandeuropa (10°W-40°E, 35°N-70°N) (Zorita et al., 2004)



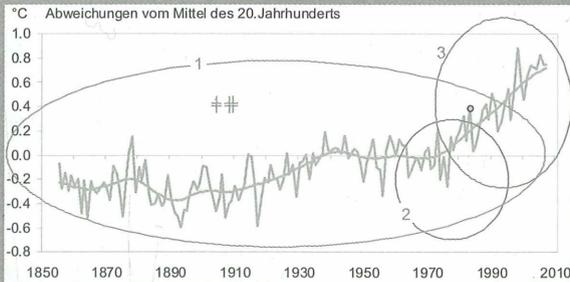
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Temperaturentwicklung global, 1855-2007

Verein für Ökologie

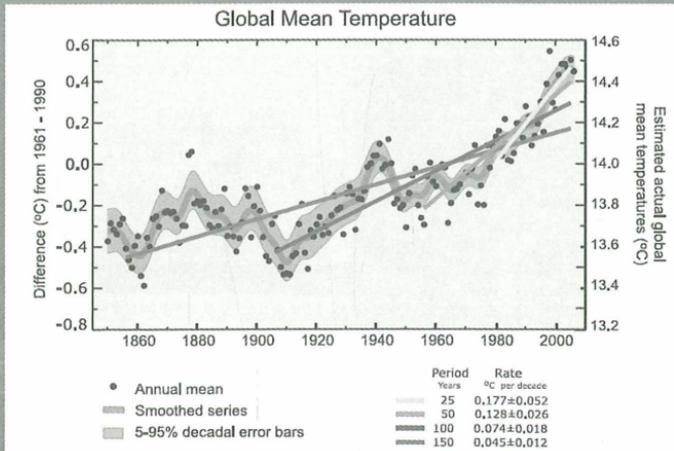
24.10.2008

Folie 33



Die vier wirksamen Haupt-Klimaantriebe der letzten 150 Jahre

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



### Datengrundlage der Klimazukunft:

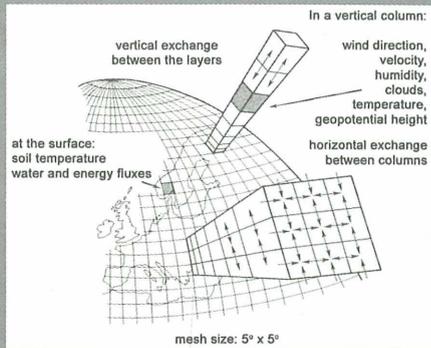
- Ausschließlich aus Modellrechnungen mit globalen Zirkulationsmodellen (wie für Wetterprognose).
- Unterschiede zu den Wetterprognosemodellen:
  1. zusätzlich zur Atmosphäre auch Ozean und Eis.
  2. Äußere Antriebe sind möglich (z.B. Treibhausgase, Aerosole, Vulkanismus, veränderte Sonneneinstrahlung).
  3. Gerechnet wird nicht von einer Ausgangslage aus, sondern die Modelle laufen zunächst etliche Jahre, bis ein ausgeglichener Klimazustand erreicht ist.
  4. Gitterdistanzen größer als bei Wetterprognose.
  5. „Vorhersagezeitraum“ bis 100 Jahre.

## Klimamodelle simulieren die künftige Wetter- bzw. Klimaentwicklung

Integration (Auflösung) eines Systems von Differentialgleichungen an möglichst vielen Gitterpunkten

### 100 jähriger „Klimalauf“

Im Stundentakt wird das Wetter der nächsten 100 Jahre virtuell simuliert – wobei man gewisse wichtige Faktoren (z.B. **CO<sub>2</sub> Gehalt, Sonnenaktivität, Vulkanismus, ...**) künstlich verändern kann

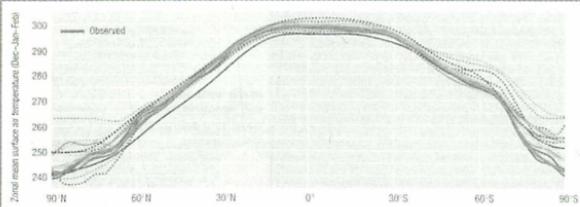


## Physikalische Probleme der Klimamodelle:

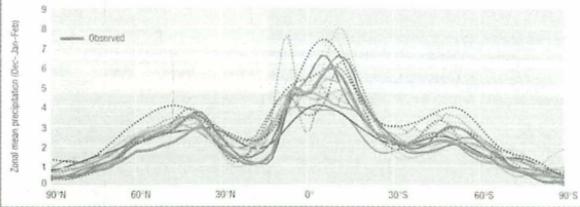
- Hauptsächlich durch den enormen Rechenaufwand für die notwendige räumliche Auflösung.
- Und durch verschiedene physikalische Vorgänge, die noch nicht genau genug verstanden werden, oder für die zu wenig Daten vorliegen (etwa: Bodenfeuchte, Wolkensimulation, Niederschlag, Ozeandaten...)

### Wie gut kann das Modell den IST Zustand darstellen?

Temperatur

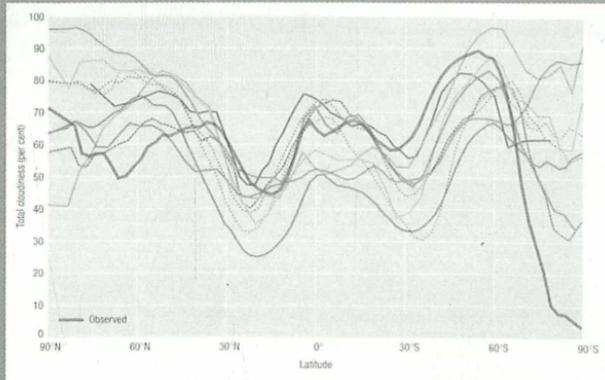


Niederschlag



### Wie gut kann das Modell den IST Zustand darstellen?

Bewölkung



### Nicht-physikalische Probleme der Klimamodelle:

- Abschätzung der „Treibhausgase“, Treibhausgasemission
- abhängig von der künftigen **Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung**. Diese wird gesteuert von der **politischen und soziologischen Entwicklung**.

Alle diese Faktoren sind noch **deutlich weniger gut vorhersehbar**, als die physikalische Klimamodellierung  
Beispiele:

- Weltbevölkerung – Ernährung – Aids – Bevölkerungspolitik Chinas oder des Vatikans
- Klima – Pflanzen – Ernährung – Bevölkerungszahl (alle drei sind wieder aufs Klima rückgekoppelt)
- Und hundert andere derartige Rückkopplungsprozesse

**Deshalb: KLIMASZENARIEN und nicht KLIMAPROGNOSE**

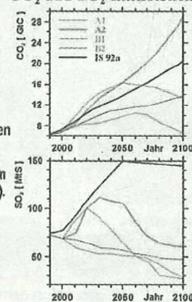
### Ein neuer Satz von IPCC Emissions Szenarien (SRES-Szenarien)

- A1** Eine Welt mit schnellem Wirtschaftswachstum und schneller Einführung neuer und effizienterer Technologien.
- A2** Eine sehr heterogene Welt mit einem Schwerpunkt auf traditionelle Werte (family values and local traditions).
- B1** Eine sich vom Materialismus abkehrende Welt und die Einführung sauberer Technologien.
- B2** Eine Welt mit dem Schwerpunkt auf lokale Lösungen für ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit.

**IS 92a** " Wir machen so weiter wie bisher " Szenarium (1992)



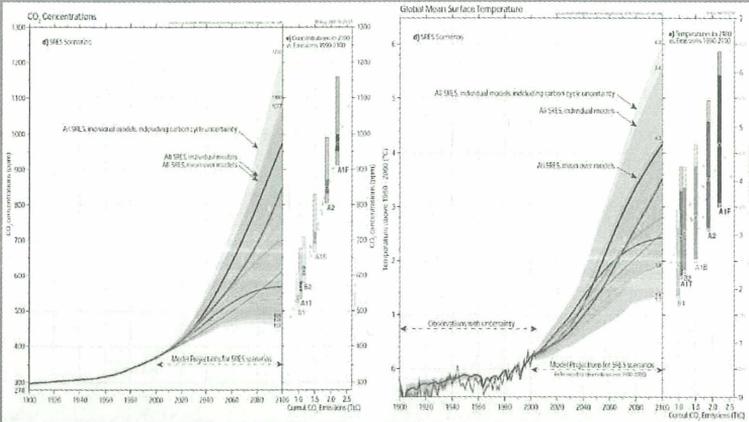
CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> Emissionen



IPCC Emission Szenarien für 2000 bis 2100

CO<sub>2</sub>

Globales Temperaturmittel



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Unsicherheiten, die mit Modellen nicht gelöst werden können.

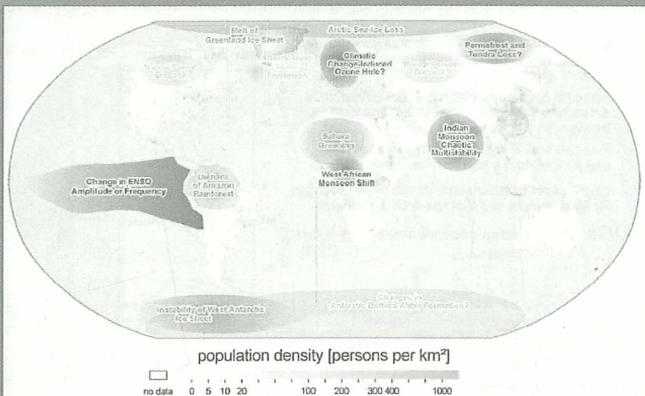
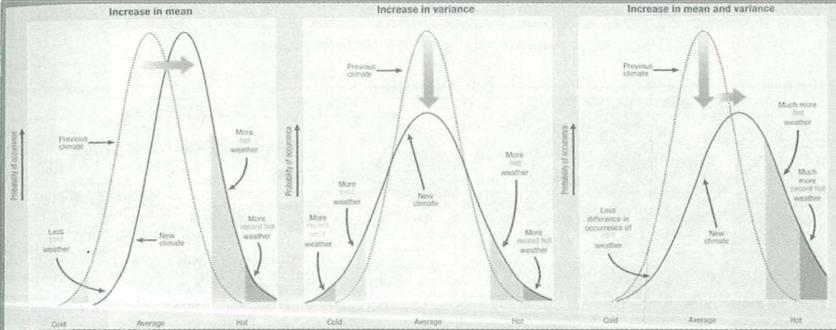


Abbildung 1.5: Mögliche nichtlineare Rückkopplungsprozesse, die den Klimawandel massiv verstärken könnten (Lenton et al., 2008)

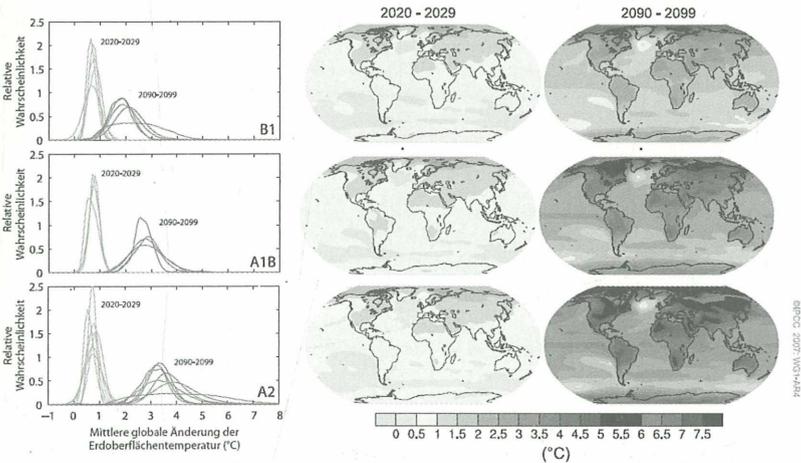
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Änderung in Mittelwert und Varianz



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

MODELLPROJEKTIONEN DER ERDOBERFLÄCHENTEMPERATUR



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Klimazukunft

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 46

Relative Änderung des globalen Niederschlags (2090-2099 vs. 1980-1999):

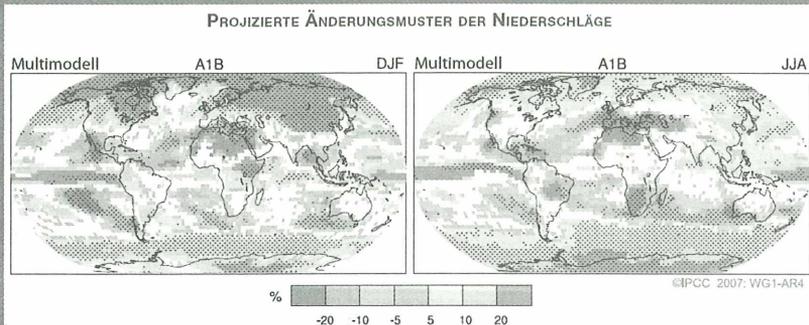


Abbildung SPM.7. Relative Änderungen der Niederschläge (in Prozent) für den Zeitraum 2090-2099 im Vergleich zu 1980-1999. Die Werte sind Multimodell-Mittel, basierend auf dem SRES-A1B-Szenario für Dezember bis Februar (links) und Juni bis August (rechts). Flächen, für welche weniger als 66% der Modelle bezüglich des Vorzeichens der Änderungen übereinstimmen, sind weiß; solche, für welche mehr als 90% der Modelle bezüglich des Vorzeichens der Änderungen übereinstimmen, sind punktiert. [Abbildung 10.9]

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Klimazukunft

Verein für Ökologie

24.10.2008

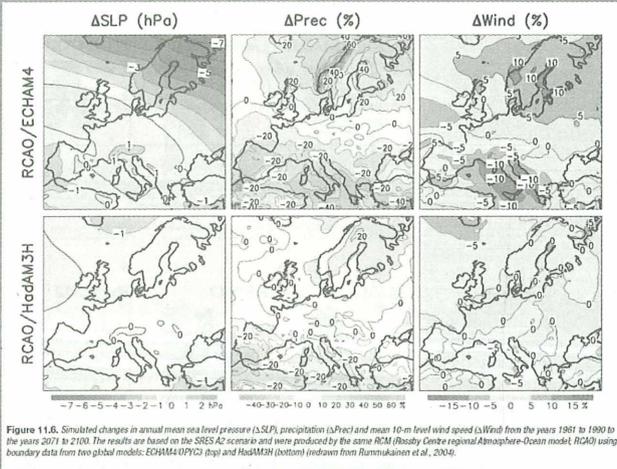
Folie 47

### Globale Modelle vs. Regionale Modelle

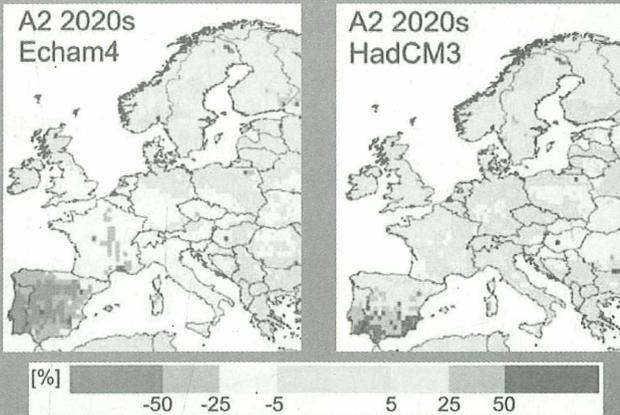
- Die relative Klarheit bezüglich der Klimaentwicklung im globalen Maßstab darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass im regionalen Maßstab die Aussagen noch sehr unsicher sind. Und doch sind die Auswirkungen in erster Linie regional und auch die Betroffenheit der Öffentlichkeit hängt wesentlich davon ab, dass belastbare regionale Szenarien entwickelt werden können.
- Dazu muss das Problem der Regionalisierung gelöst werden. Dies bedeutet z.B., dass man auf der Basis von Beobachtungs- oder Berechnungsdaten für jedes Gebiet in Österreich Klimaparameter ermitteln kann. Diese Aufgabe spielt die zentrale Rolle in der Klimatologie, da das Klima das Resultat der Interaktion einer Vielzahl von Prozessen mit sehr verschiedenen Raum- und Zeitmaßstäben darstellt. Der Übergang vom globalen Maßstab zum regionalen, und von diesem zum lokalen, bedeutet gleichzeitig eine Verschiebung der relativen Bedeutung der verschiedenen Prozesse und kann daher nicht durch triviale lineare Interpolation erreicht werden. Regionale und lokale Wetter- und Klimaentwicklungen können nur mittels physikalisch sinnvoller Koppelung aus den globalen Werten abgeleitet werden.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

### Veränderung von 1961-1990 zu 2071-2100



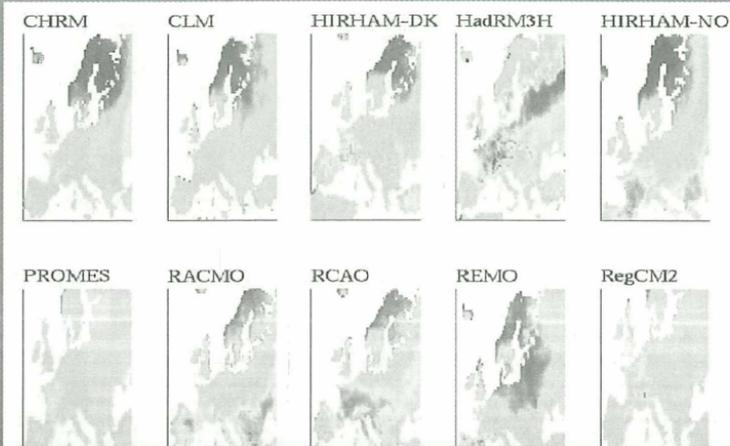
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



Für 2020 berechnet maximaler Abfluss

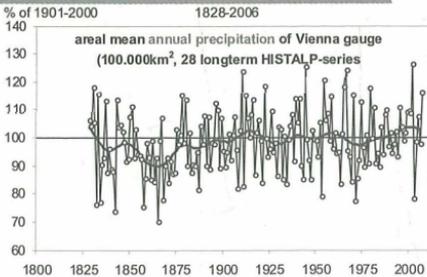
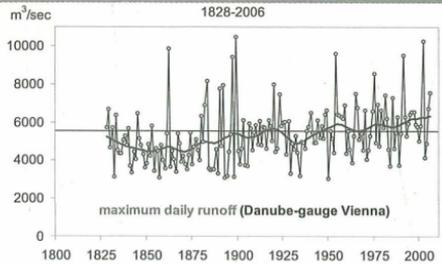
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

### Klimamodellierung für zukünftige Niederschlagverteilung in Europa (Globalmodell HAdCru3):



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

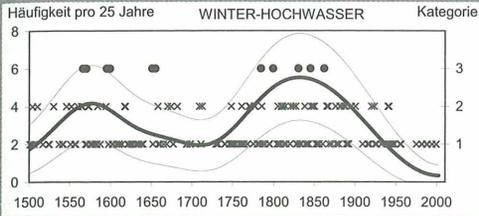
Godina, 2008, internal analysis of Austrian Hydrographic Service



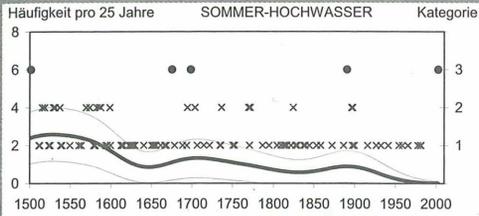
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Klimazukunft

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 52



Rekonstruktion der Hochwässer auf der Elbe



Einzelereignisse und geglättetes Mittel

(Mudelsee et al., 2003, Nature 425: 166-169)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Sichtbarer Klimawandel

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 53

## Goldbergkees (im Sonnblickgebiet)



September 1982



September 2007

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

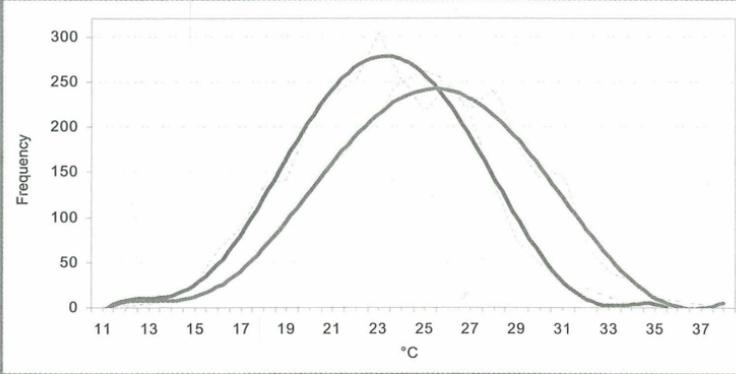
## Sichtbarer Klimawandel

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 54

Es wird wärmer



Verteilung der täglichen Maximaltemperatur in Wien während der Sommermonate 1901-1930 (blau) und 1971-2000 (rot)  
(Quelle: Datenbank der ZAMG)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

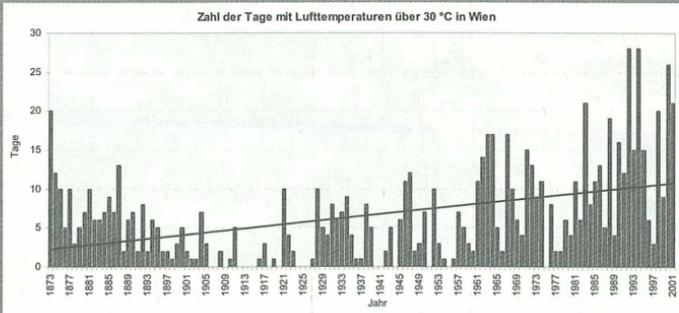
## Sichtbarer Klimawandel

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 55

Es wird öfter heiß



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

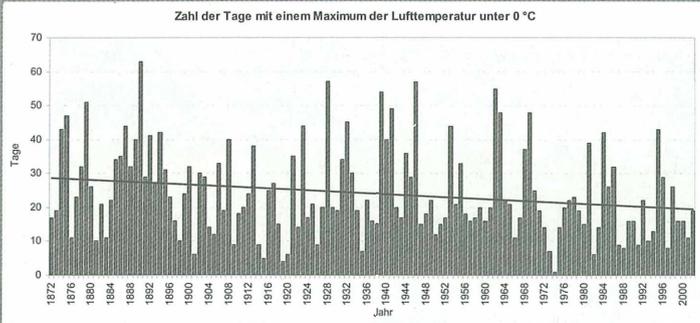
## Sichtbarer Klimawandel

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 56

### Es wird weniger kalt



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

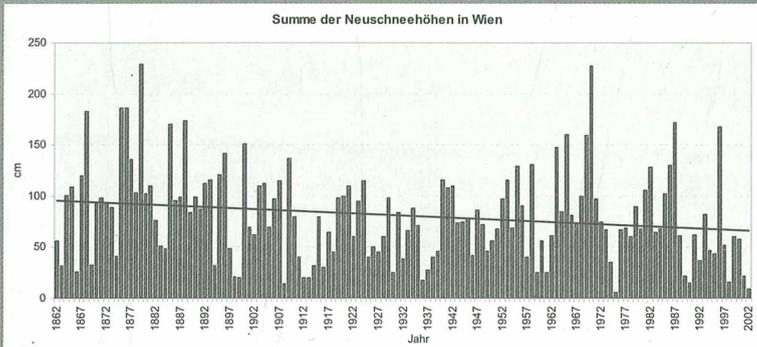
## Sichtbarer Klimawandel

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 57

### Der Schnee in der Niederung wird weniger!



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Nehmen die Extremereignisse zu?

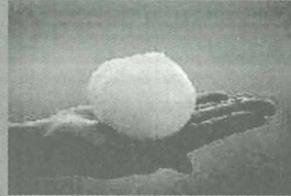
Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 58

### Extremereignisse

Hier besteht die größte Diskrepanz zwischen der Vorhersagbarkeit durch die Klimamodelle und „Heraufbeschwörung“ in der aktuellen Klimadebatte.



### IPCC-Bericht

keine Hinweise auf eine langfristige Zunahme der tropischen und extratropischen Stürme.

Phänomene wie Gewitter, Tornados, Hagel sind nicht in der Modellphysik enthalten.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 59

### Was sind Extreme?

- **Extremereignis:** Ereignis, das stark von entsprechenden Durchschnittswerten oder Trends abweicht und außerordentlich ist. Die Definition von Extremereignissen gründet also auf statistischen Kriterien.
- **Naturkatastrophe:** Ist ein Schadenereignis, dessen Folgen von den Betroffenen nicht alleine bewältigt werden können. Sie wird nicht immer durch Extremereignisse verursacht. Oft haben Extremereignisse negative Konsequenzen für den Menschen und die Umwelt.
- **Naturgefahr:** Ein aus einem natürlichen Prozess oder Einfluss drohendes Unheil. Bei Naturgefahren handelt es sich also um drohendes Unheil, das sich unter Umständen durch Prävention verhindern lässt.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 60

- Die historische Entwicklung der Extremereignisse ist nicht so leicht zu erkennen wie die der mittleren Zustände. Um die statistische Signifikanz von Änderungen in der Häufigkeit von seltenen Ereignissen nachweisen zu können, sind viel längere Datenreihen erforderlich, als für häufige Ereignisse.
- Zudem tritt bei manchen Ereignissen auch das Problem der zuverlässigen Erfassung auf: so werden z.B. Stürme, Hochwässer, Lawinen, etc. in der Regel nur dann verzeichnet, wenn sie Schaden anrichten, oder mindestens in Bereichen niedergehen, wo sie potentiell Schaden hätten anrichten können.
- Extreme Ereignisse in unbesiedelten Gebieten wurden und werden in der Regel nicht oder selten erfasst. Die Statistiken sind daher unvollständig und enthalten viele Fehlerquellen.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Nehmen die Extremereignisse zu?

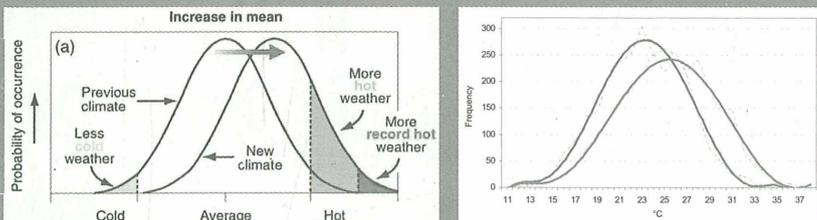
Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 61

Warum behaupten „Experten“, dass die Extreme zunehmen werden?

Die Klimamodelle prognostizieren höhere mittlere Temperaturen. Dabei nimmt auch die Wahrscheinlichkeit zu, dass auch mehr Tage mit extremen maximalen Temperaturen auftreten.



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

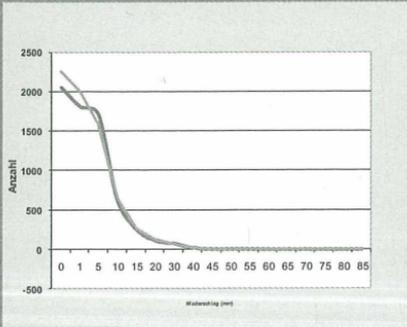
## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

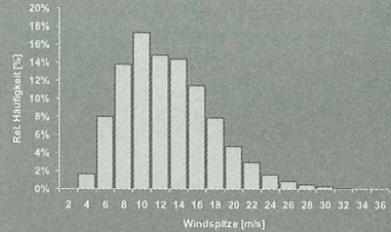
24.10.2008

Folie 62

Statistische Verteilung von Windspitzen und Niederschlag ist aber nicht „normal“!



Verteilung der täglichen Niederschlagswerte in Wien in der Periode 1948-1977 (blau) und 1978-2007 (rot) (Quelle: Datenbank der ZAMG)



Windspitzenverteilung Wien Hohe Warte, 1977-2006

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

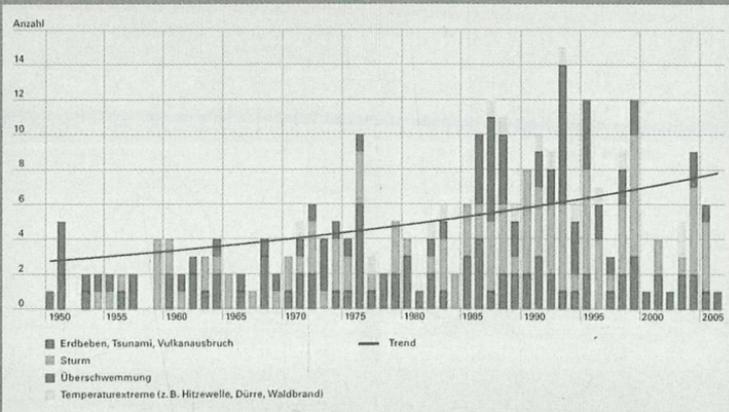
## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 63

Der Blick der Versicherungswirtschaft



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 64

### Gründe für die Zunahme der Versicherungsschäden durch Naturereignisse:

- Bevölkerungswachstum
- Steigender Lebensstandard
- Konzentration von Bevölkerung und Werten in Ballungsräumen
- Besiedlung und Industrialisierung von exponierten Gebieten
- Steigende Versicherungsdichte
- Änderung der Umweltbedingungen in regionaler Skala

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

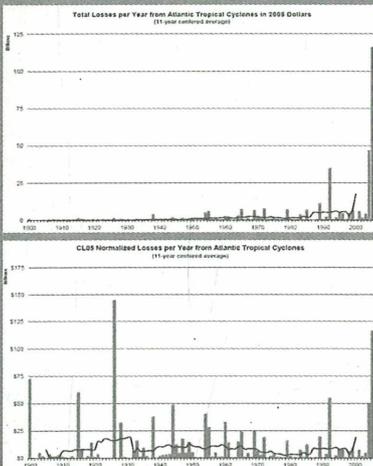
## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 65

### Der Blick der Wissenschaft



Die signifikante Zunahme der im Zusammenhang mit Hurrikanen stehenden Schäden hat viel mit der Zunahme an Vermögen, Bevölkerungsdichte und Besiedlung und weniger mit schlechter werdendem Wetter zu tun

Pielke, Jr., R.A., Gratz, J., Landsea, C.W., Collins, D., Saunders, M., and Musulin, R., 2008. Normalized Hurricane Damages in the United States: 1900-2005. Natural Hazards Review

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

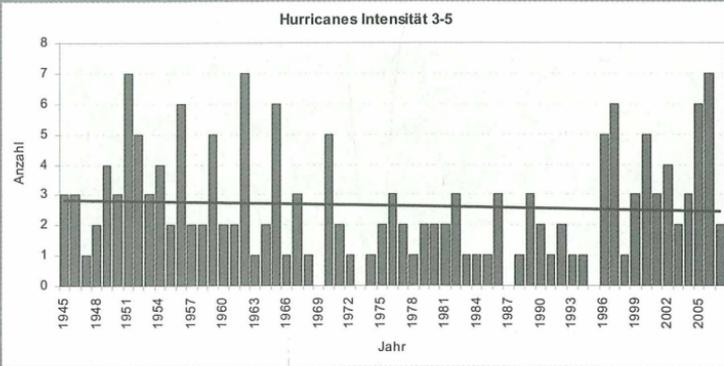
# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 66

## Hurrikane der Intensität 3-5, die das Festland der USA erreichten



(Quelle: NCDC pers. Mitteilung)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

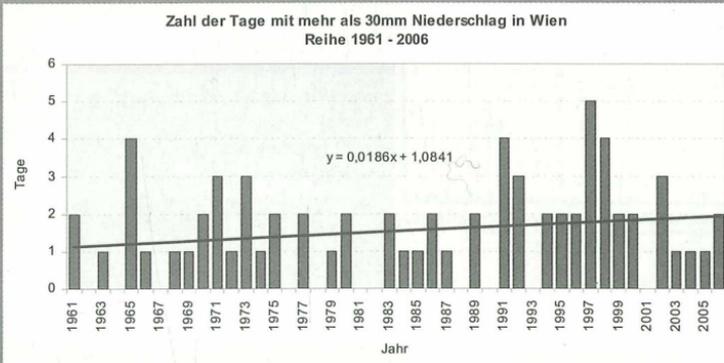
# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 67

## Starkniederschläge in Wien nehmen in den letzten 50 Jahren zu!!!!

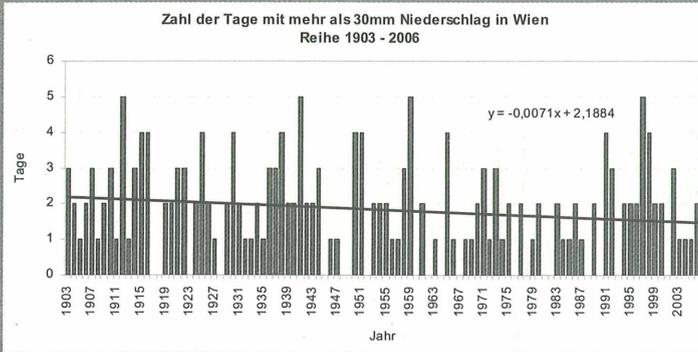


Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 68

Oder doch nicht??

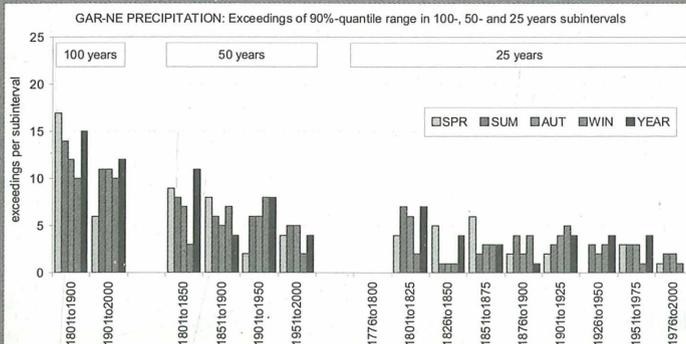


Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie  
24.10.2008  
Folie 69

Häufigkeit der Niederschlags-Extremereignisse in fixen Subintervallen von 100, 50 und 25 Jahren



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

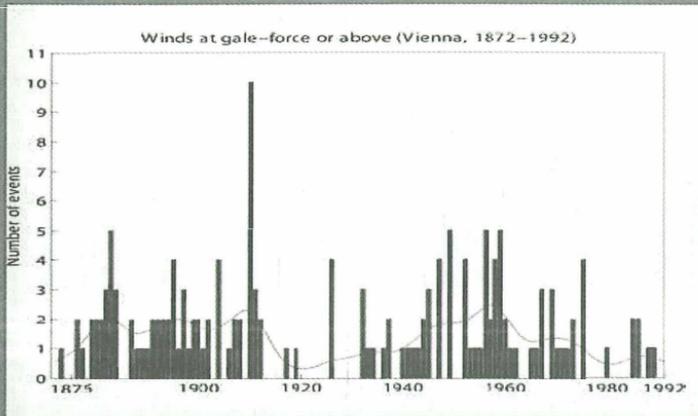
# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 70

## Zeitreihe der Stürme in Wien-Hohe Warte



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

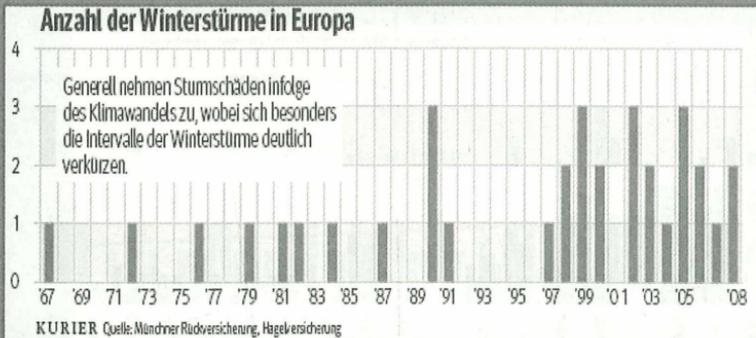
# Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 71

## Die Sicht der Versicherungen



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

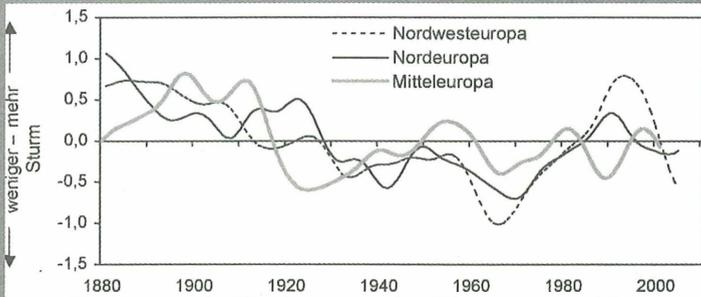
## Nehmen die Extremereignisse zu?

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 72

## Die Sicht der Wissenschaft



Matulla C, Schöner W, Alexandersson H, von Storch H, Wang XL, 2007.  
European Storminess: Late 19th Century to Present. *Climate Dynamics*,  
DOI 10.1007/s00382-007-0333-y

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Zusammenfassung

Verein für Ökologie

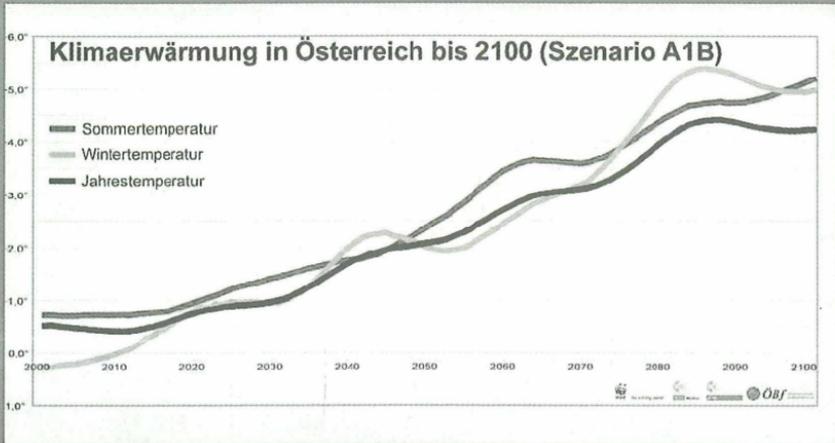
24.10.2008

Folie 73

## Klimaszenarien für Österreich (2021-2050)

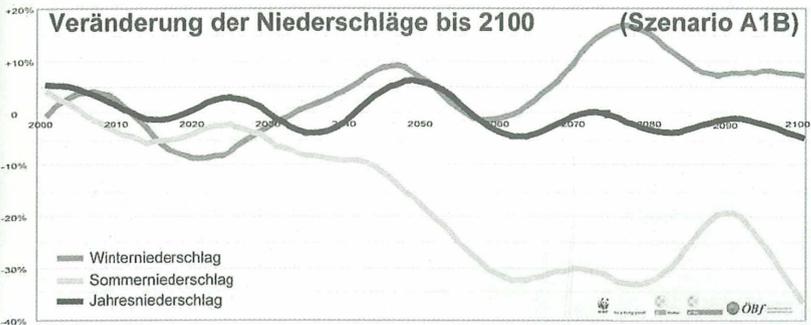
- Anstieg der Lufttemperatur mit Schwerpunkt im Winter (2 bis 3 Grad C) >>> Abnahme der Tage mit Schneedecke und Zunahme der schneefreien Jahre unter 1500 m.
- Anstieg der Lufttemperatur-Minima - größere Häufigkeit von hohen Maxima. Die Anzahl der Tage mit Kältestress verringert sich in den Niederungen vor allem im Süden und Südosten Österreichs. Im Jahresverlauf kommt es zeitlich zu einer verkürzten Periode mit Kältestress.
- Die Anzahl der Tage mit Hitzestress nimmt in der Zukunft zu, wobei Orte in höheren Lagen über 1000-1200 m nicht davon betroffen sind. Die Hitzestressperiode verlängert sich vor allem in tiefer gelegenen Gebieten.
- Es erfolgt auch eine Verlängerung der Perioden mit schwülen Tagen und einer Zunahme ihrer Anzahl in den Niederungen.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



### Klimaszenarien für Österreich (2021-2050)

- Die Anzahl der Tage, die thermisch komfortable Bedingungen besitzen, erhöht sich um ca. 10 bis 20 Tage, wobei die Trends nicht überall gleich sind. Im Jahresverlauf kommt es aber generell zeitlich zu einer Verlängerung der thermischen Eignung für Freizeit und Erholung.
- Die Anzahl der Sonnentage erhöht sich nur in den höheren Lagen (ab ca. 1000 m).
- Insgesamt gibt es einen leicht zunehmenden Trend für die Tage mit viel Niederschlag. Die Häufigkeiten von Tagen mit wenig oder keinem Niederschlag sowie von Tagen mit langen Niederschlägen erfahren im Sommer eine Zunahme.
- Die Anzahl der Nebeltage geht generell zurück.
- Gletscher Rückgang.
- Verringerte Bodenfeuchte im Sommer (verfrühte Schneeschmelze).
- Anstieg der Permafrostgrenze und Freigabe unverfestigter Böden.



### Klimaszenarien für Österreich (2021-2050)

- Abnahme des Heizenergiebedarfs von etwa 20 Prozent, dies entspricht einer Abnahme von ca. 10.800 Gigawattstunden beim derzeitigen Gebäudebestand. Dabei zeigt sich, dass die absolute Abnahme des Heizenergiebedarfs in den Alpenregionen stärker ausfällt als in den Niederungen. Es ist aber zu erwarten, dass die tatsächliche klimabedingte Abnahme des Heizenergiebedarfs wegen der zu erwarteten thermischen Verbesserungen im Gebäudebereich geringer ausfallen wird.
- Umgekehrt nimmt die Zahl der Kühlgradtage vor allem in den tiefer gelegenen Regionen zu. Für jeden zusätzlichen Kühlgradtag fallen ca. 5,4 Heizgradtage weg. Eine Abschätzung des zusätzlichen Kühlenergiebedarfs für die Zukunft ist derzeit noch schwierig, da Kühlung in Gebäuden bei uns noch eine untergeordnete Rolle spielt.

## Zusammenfassung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 78

### Nehmen die Wetterextreme zu?

- Auswertungen historischer Quellen in Mitteleuropa zeigen sehr deutlich, dass Wetterkatastrophen ein ständiger Begleiter waren. Dies gilt für alle angesprochenen Varianten wie Gewitter, Stürme und Hochwasser.
- Untersuchungen von Langzeittrends der verschiedenen extremen Wetterereignisse (Stürme, Niederschlag, Gewitter, Hagel) in Mitteleuropa, die derzeit an der ZAMG laufen, zeigen, dass in den letzten dreihundert Jahren im Alpenraum kein signifikanter Trend für die Zunahme dieser Ereignisse nachweisbar ist.
- Die Aussage, dass neben einem Temperaturanstieg auch Veränderungen in der Niederschlagstätigkeit und dem Auftreten extremer Wetterereignisse, wie Stürme und Überschwemmungen, beobachtbar sind, ist derzeit nicht zu belegen.
- Die Quellen belegen vielmehr sehr deutlich, dass in einigen Phasen der Klimaentwicklung der letzten 1000 Jahre Katastrophen häufiger als in den letzten 200 Jahren aufgetreten sind. Einzelne Ereignisse übertreffen die uns heute heimsuchenden Extremfälle sogar erheblich.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## Zusammenfassung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 79

### Nehmen Gewitter und Hagel zu?

- Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hagel ist regional sehr verschieden. In Österreich gelten vor allem die südöstliche Steiermark und das Donautal als hagelgefährdet. Eine Langzeituntersuchung hinsichtlich der Eintrittshäufigkeit von Hagelwettern liegt für Österreich derzeit nicht vor.
- Schweizer Ergebnisse zeigen eine leichte Zunahme der Hagelschläge sowie der Großwetterlagen, die Hagelschläge verursachen können.
- Slowakische Ergebnisse zeigen eine leichte Abnahme.
- Beide Ergebnisse auf Österreich übertragbar. Österreichische Daten zeigen keinen bzw. einen leicht abnehmenden Trend

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## Zusammenfassung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 80

### Nehmen die Starkniederschläge zu?

- Starkniederschläge sind nicht nur als Klimaparameter von Interesse, sondern auch als potentielle Auslöser von Überschwemmungen, Lawinen- und Murenabgängen.
- Manche Arbeiten behaupten, dass weltweit die Starkniederschläge überall stärker zunehmen als die mittleren Niederschlagssummen, vor allem in Gebieten, in welchen die Niederschläge an sich zunehmen. Gleichzeitig verringert sich der Wiederkehrzeitraum für 20 jährige Extremereignisse von Tagesniederschlagssummen (Kharin und Zwiers, 2000).
- Starkniederschläge treten im alpinen Raum entweder als räumlich begrenzte, sehr intensive Schauer oder Gewitter, d.h. infolge konvektiver Prozesse auf, oder als anhaltende, ergiebige Niederschläge in Zusammenhang mit Tiefdruckgebieten, Trögen oder Fronten, d.h. durch zyklonale Prozesse ausgelöst.
- Für Österreich lässt sich aus den Datensätzen jedoch keine Zunahme der Starkregenereignisse ableiten; eher im Gegenteil – die Daten zeigen, dass die Extreme (Monatswerte) in Mitteleuropa im 19. Jhdt. stärker ausgeprägt waren.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Zusammenfassung

Verein für Ökologie

24.10.2008

Folie 81

Die Welt ist einem globalen Wandel unterworfen.

Der Mensch trägt mit seiner Bevölkerungsentwicklung, der Politik und der daraus folgenden Wirtschaftsentwicklung erheblich dazu bei. Durch die genannten Faktoren wird aber auch das Weltklima und damit die Natur selbst beeinflusst.

Mit diesem Klimawandel müssen wir leben, wir müssen uns Anpassen und wir müssen Strategien entwickeln, um den Klimawandel und seine Folgen zu mildern.

Wir müssen uns aber nicht fürchten:

Wetterextreme sind ein Bestandteil des Wetters und daher muss man immer damit rechnen. Die interjährliche Variabilität war, ist und wird auch in Zukunft groß sein. Jahre mit vielen Extremen werden von „ruhigen“ Jahren gefolgt werden. Das besiedelte Gebiet hat sich ausgedehnt, auch Risikozonen wurden und werden weiterhin bebaut. Lawinen, Muren und lokale Hochwässer haben schon allein dadurch verheerende Auswirkungen.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Umwelt - Schriftenreihe für Ökologie und Ethologie](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Rudel Ernest

Artikel/Article: [Das Klima gestern, heute und morgen - Fakten und Ängste. 71-111](#)