

# Was geht der Klimawandel die Strukturverbesserungen an?

Jürg Fuhrer

---

VSVAK-Fachtagung, Olten

19. Juni 2008



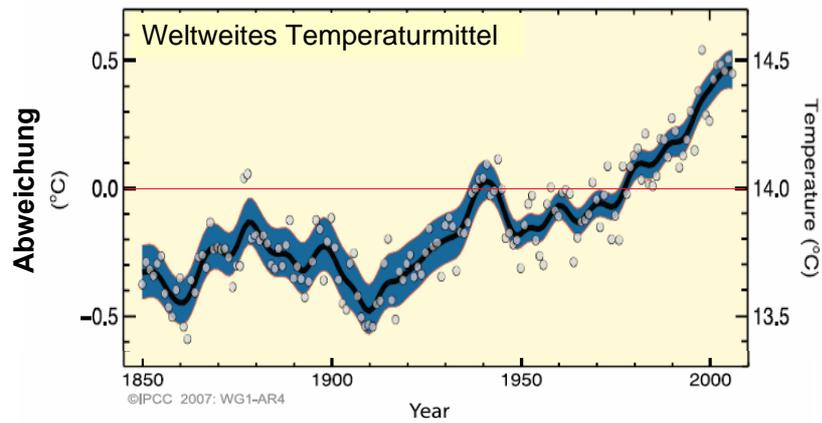
## Übersicht

- Klimatrends – heute und in Zukunft
- Witterungsextreme und -risiken
- Technische Massnahmen



## Die Welt wird wärmer

IPCC, 2007



**100 Jahre linearer Trend (1906-2005): 0.74 [0.56 to 0.92] °C**

19.06.2008

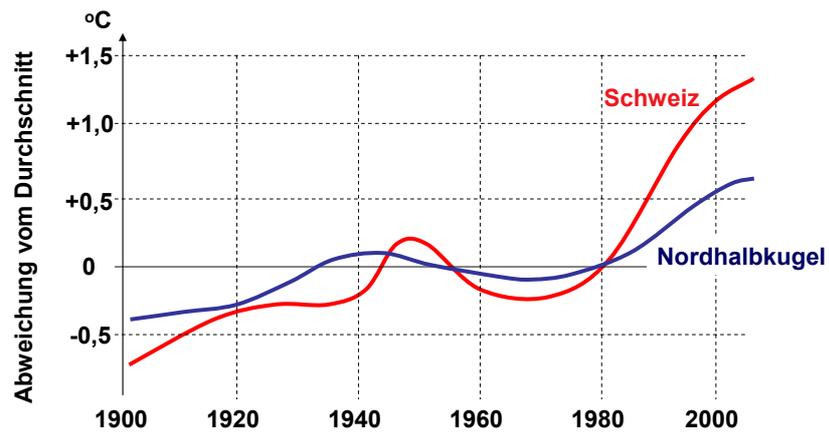
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



3



## Die Schweiz erwärmt sich schneller



**1901-2000: +1,35 °C in 100 Jahren**  
**1975-2004: +0,57 °C in 10 Jahren**

Rebetez und Reinhard 2008

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

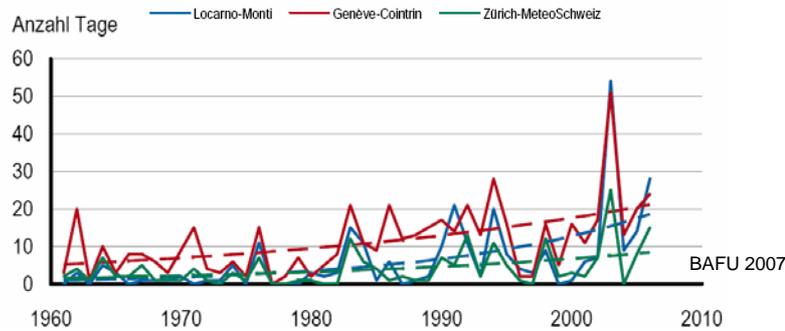


4



## Trend

Anzahl Tage pro Jahr mit einer Tageshöchsttemperatur über 30 °C sowie Trend 1961–2006.



In der Zeit von 1880 bis 2005 hat sich die Häufigkeit von Hitzetagen (über ca. 30°C) verdreifacht, die Länge der Hitzeperioden verdoppelt. (Della-Marta, P.M. et al., JGR, 2007)

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



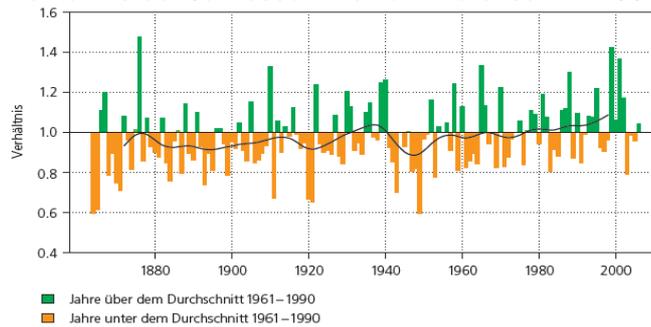
5



## Entwicklung des Niederschlags

### Niederschlag in Zürich 1864 – 2006

Verhältnis der Jahressumme zum Durchschnitt 1961-1990



Der Jahresniederschlag stieg in 100 Jahren um 10%

Winter/Frühling: Zunahme  
Sommer/Herbst: leicht sinkende Tendenz

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

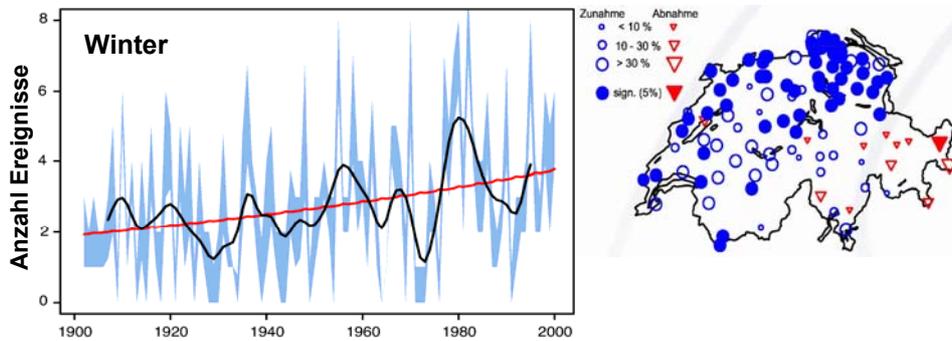


6

Meteoschiweiz und Proclim, 2007



## Mehr Starkniederschläge im Winter



Interquartil Bereich von 35 Stationen nördlich der Alpen

Schmidli, J. ETHZ in Fuhrer J. et al., 2006

Die Häufigkeit im Winterhalbjahr hat um 20-30% zugenommen.  
Ende des Jahrhunderts: Zunahme um Faktor 3!

19.06.2008

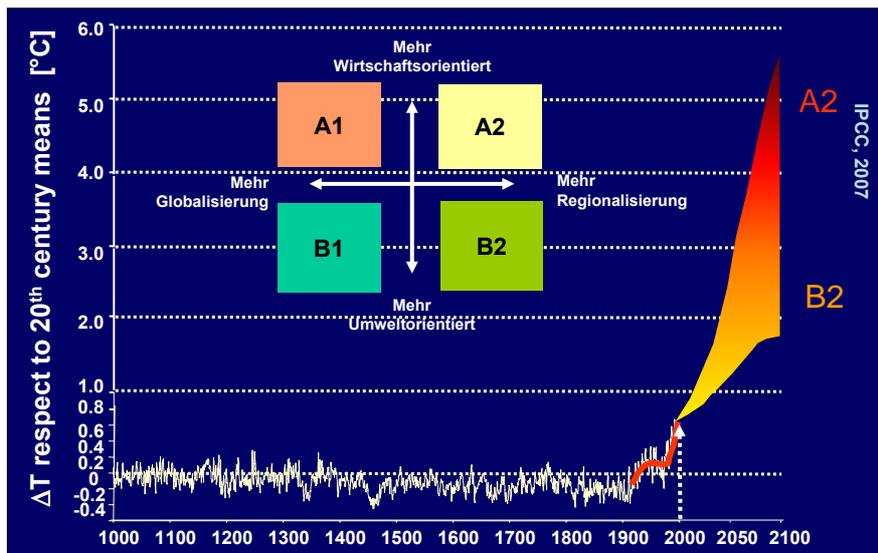
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



7



## Klima-Projektionen



19.06.2008

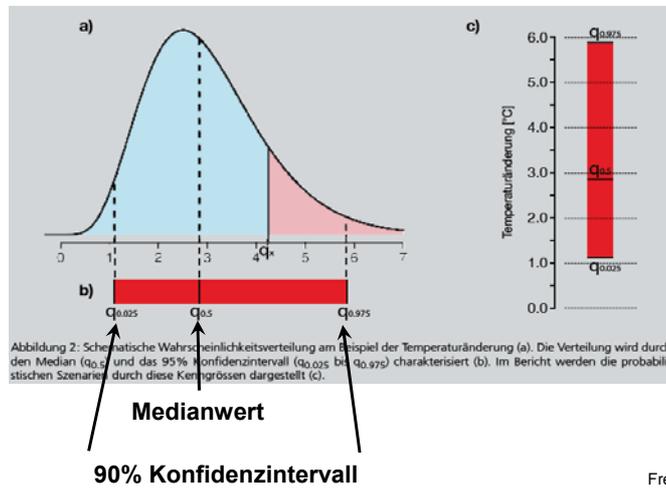
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



8



## Probabilistische Szenarien



Frei et al. (2007)

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

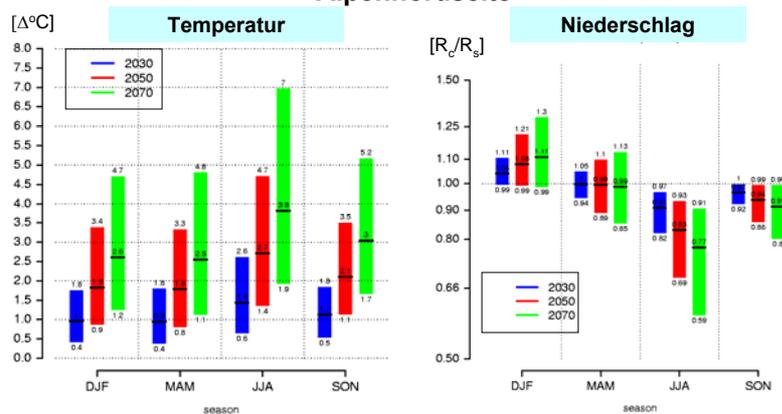


9



## OcCC Szenarien für die Schweiz

### Alpennordseite



OcCC 2005: Die Klimazukunft der Schweiz - Eine probabilistische Projektion (Autor: Christoph Frei). Kapitel in "Die Schweiz im Jahr 2050".  
[http://www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klimaaenderung/klimaszenario\\_schweiz\\_2050.Par.0002.DownloadFile.tmp/ch2050klimaszenario.pdf](http://www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klimaaenderung/klimaszenario_schweiz_2050.Par.0002.DownloadFile.tmp/ch2050klimaszenario.pdf)

19.06.2008

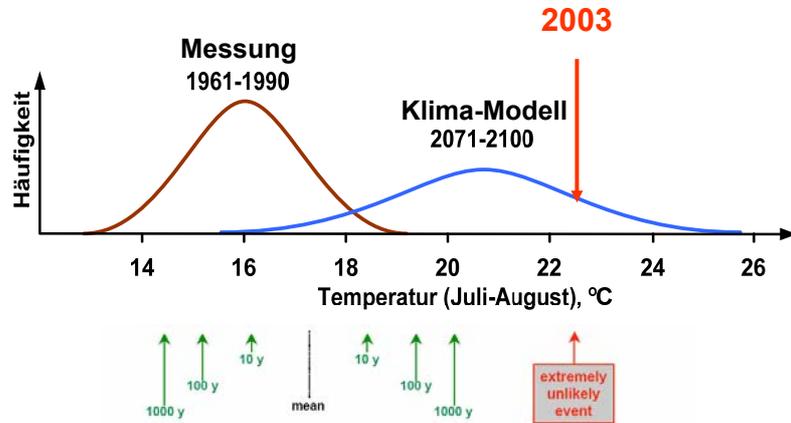
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



10



## Mittelwert und Extreme



In 70-100 Jahren: Zunahme der Variabilität um 100%  
Jeder 2. Sommer wie 2003

Schär C. et al., 2004

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



11



## Witterungsextreme

### ■ Hitze

Längere Perioden mit max Temperaturen über 35°C

### ■ Starkniederschläge

Einzelereignisse hoher Intensität

### ■ Trockenheit/Dürre

Perioden mit Niederschagsdefiziten und starker Verdunstung → Mangel an Bodenfeuchte

### ■ Starkwinde/Orkan

Einzelereignisse hoher Intensität

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



12



# Hitze



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

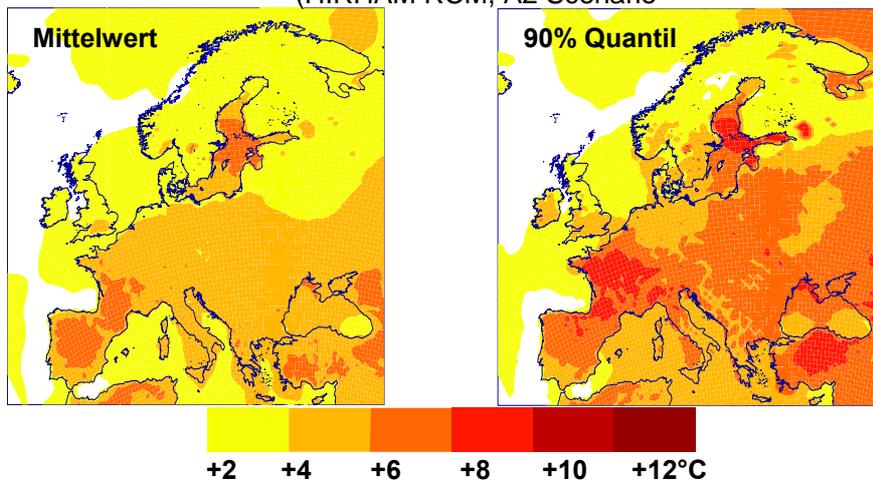


13



# Änderung in den Hitzetagen (Juni-Aug)

(2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990)  
(HIRHAM RCM, A2 Szenario)



Beniston, 2004: Geophysical Research Letters

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

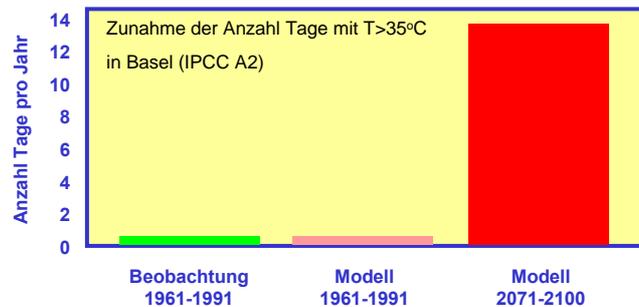


14



## Hitzewellen

- Die Häufigkeit extrem warmer Tage (über 35°C) wird bis 2071-2100 weiter stark zunehmen. (PRUDENCE)



Beniston, M pers. Mitt.

- Folge: Häufiger Hitzeschäden an Kulturen und Hitzestress mit Leistungsabfall bei Nutztieren

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



15



## Hitzetage – Tiere - Stallklima

- Innentemperatur mehrere Grad über der Aussentemperatur (je nach Standort, Stallkonstruktion und Lüftungssystem)
- Fressaktivität (Dauer, Menge, Häufigkeit) nimmt mit steigender Temperatur ab
- Tierleistung mit nimmt steigender Temperatur ab (Differenz zwischen theoretisch möglicher und tatsächlicher Milchmenge)
- Hochleistende Milchkühe leiden bereits ab ca. 24° C und über 65 % Luftfeuchtigkeit an Hitzestress
- Wasserbedarf der Tiere steigt linear mit der Temperatur
- Höhere Krankheitsanfälligkeit bei höheren Temperaturen
- ...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



16



## Starkniederschläge - Erosion und Überschwemmung



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

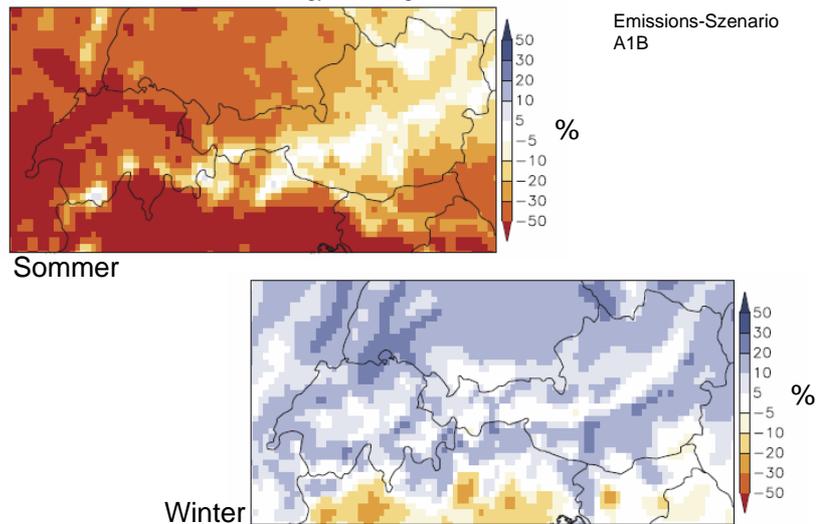


17



## Szenarien für Europa, 2071-2100

Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



18

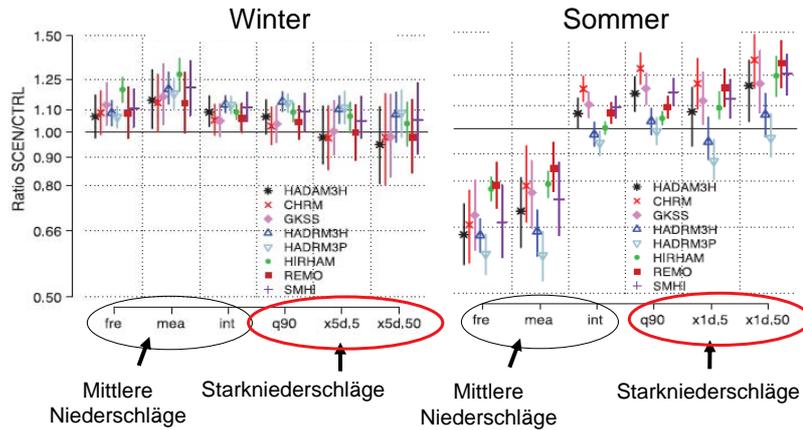


# PRUDENCE Szenarien für Europa, 2071-2100

Mittlerer Niederschlag & Starkniederschläge

Emissions-Szenario A1B

IPCC, (2007, WG1-AR4, Ch. 11); Frei et al. (2006)



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

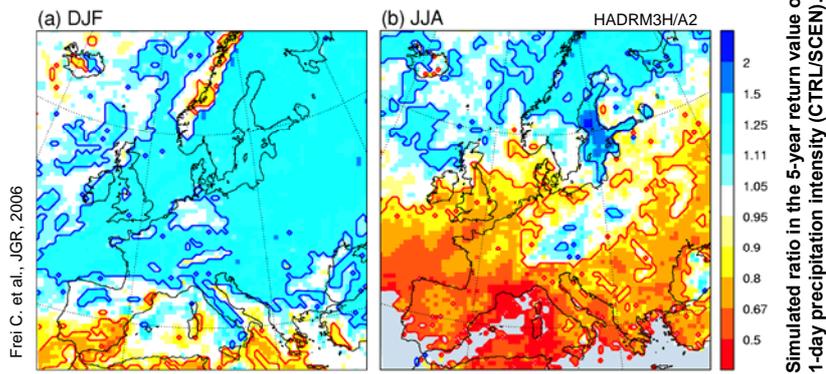


19



## Starkniederschläge

- Die Zunahme bis 2070/2100 im Winter beträgt 10-30%; im Sommer ist der Trend für die Schweiz schwach



Frei C. et al., JGR, 2006

Frei C. et al., 2006, Fuhrer J. et al., 2006

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



20



## Starkniederschläge - Boden – Gewässer: Massnahmen

### ■ Überflutung

Hochwasserschutz, Überflutungsräume, Kapazität der Kanalisation,...

### ■ Vernässung

Erhaltung der Bodenstruktur (Infiltration, Sickerung etc.) durch geeignete Bodenbearbeitung, Vermeidung der Boden-Verdichtung, Drainagen,...

### ■ Erosion

Bodenbedeckung, Feldanlage, Mulchsaat, Terrassierung,...

### ■ Nährstoff-Auswaschung

Zeit- und Bedarfsgerechte Düngung, Überschussvermeidung, Lageranpassung,...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



## Trockenheit

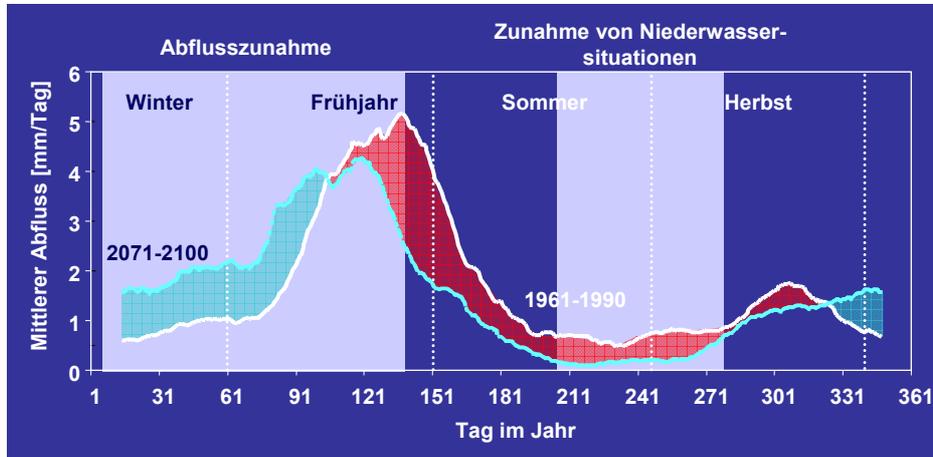


19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



## Abfluss aus dem Alpenraum



Beniston, M. 2004

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



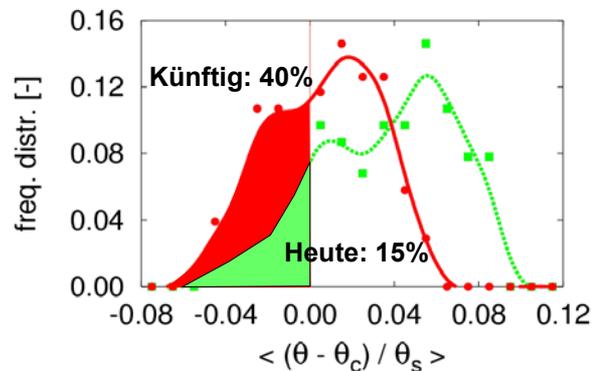
23



## Trockenheit im Sommer

Schweizer Mittelland,  
sandiger Lehmboden, 30-jährige Periode

Annahmen OcCC-2050:  
 $\Delta T = +2 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $\Delta R_f / R_f = -20\%$



Calanca, P.L., 2006

**Der kritische Bodenwasser-Gehalt wird künftig häufiger unterschritten.**

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

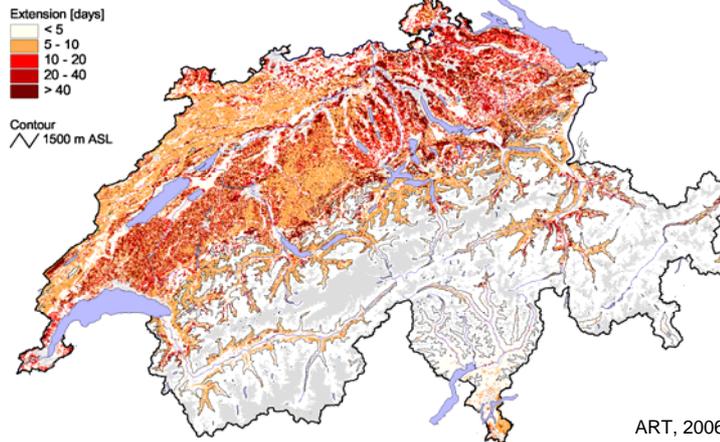


24



## Trockenheit im Sommer nimmt zu

Veränderung (in Tagen) der Zeitperiode mit kritischem Bodenwassergehalt (Juni-August) bis 2080/2100



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

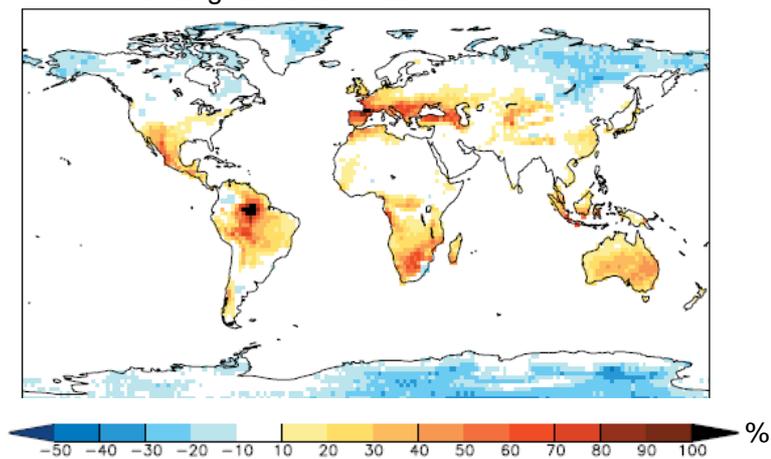


25



## Künftige Trockenheit global

Änderung der maximalen Trockenperioden bis 2071-2100 bezogen auf die Jahre 1961-1990



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



26



## Präventive Massnahmen

EEA Technical report | No 2/2007

Climate change and water adaptation issues

ISSN 1725-2237

### **Structural and technological measures (usually dependent on further investment):**

- **Increase reservoir capacity**
- **Increase transfers of water**
- **Implement water efficiency schemes**
- **Install or adopt crop irrigation**
- **...**

19.06.2008

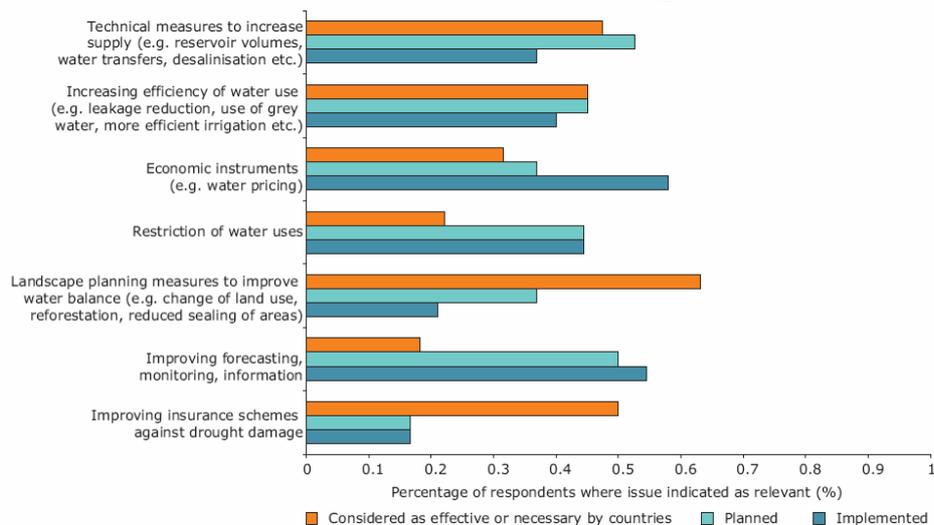
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



27



## Trockenheit - Wassermanagement



Source: EEA and German Ministry survey.

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



28



## Bewässerung?

Zu beachtende Punkte:

- **Kosten – Nutzen Verhältnis (Bedeutung der Preise)**
- **Wasserangebot/Konkurrenz**
- **Technische Einrichtung (fix, mobil)**
- **Bewässerungssystem**
- **Wasserqualität**
- **Umweltwirkungen**
- ...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

29



## Gebietswasserhaushalt: Modellierung mit WaSim (<http://homepage.hispeed.ch/wasim/>)

- **Deterministisches, flächendifferenziert arbeitendes hydrologisches Einzugsgebietsmodell; physikalisch begründete Modellansätze**
- **Berechnung des Wasserkreislauf für Einzugsgebiete mit Grössen von <1 bis zu mehreren 10000 km<sup>2</sup>, wobei detaillierte Simulationen für Standorte ebenfalls möglich sind.**
- **Zeitliche Auflösung von Minuten bis zu mehreren Tagen**
- **Simulation von Kurzfristereignissen (Hochwasser) wie Langtrends (langjährige Wasserhaushaltssimulationen)**

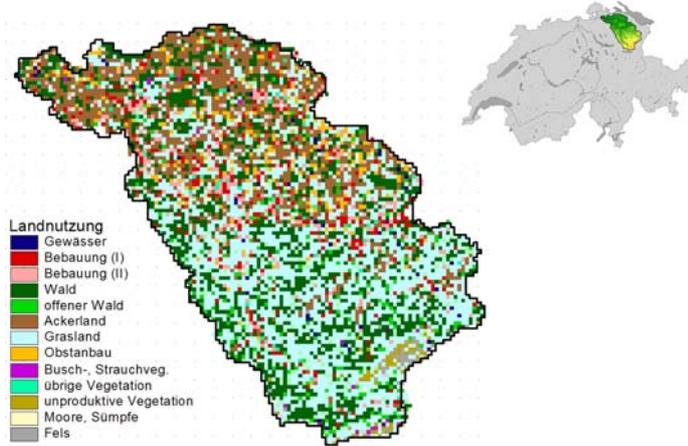
19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

30



## Fallstudie Thurgau



19.06.2008

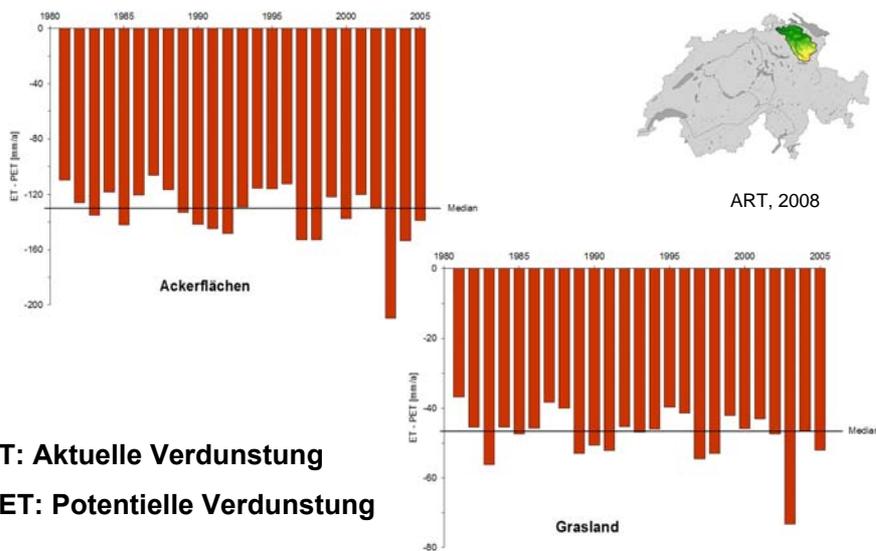
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



31



## Differenz ET-PET (1980-2005)



**ET: Aktuelle Verdunstung**

**PET: Potentielle Verdunstung**

19.06.2008

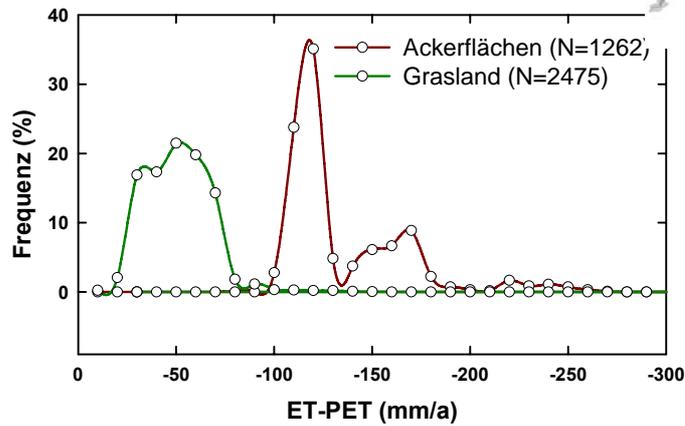
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



32



## Gebietsübersicht - Mittelwerte 1980-2005



ART, 2008

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

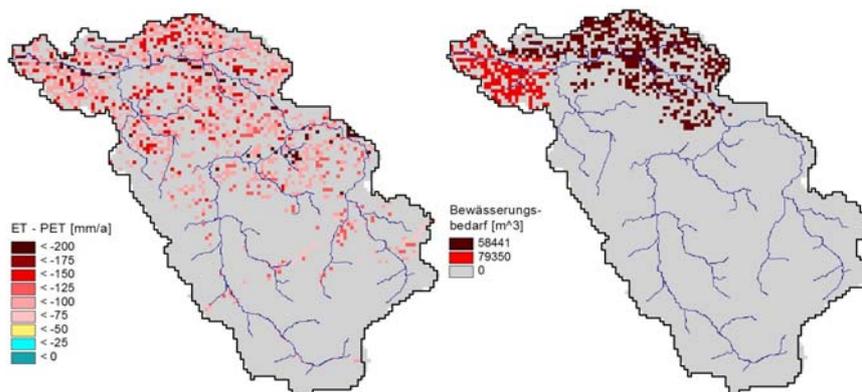


33



## Bewässerungsbedarf

Abhängig von Kriterien für Trocken- und Feuchtzustand  
(Saugspannung)



ART, 2008

19.06.2008

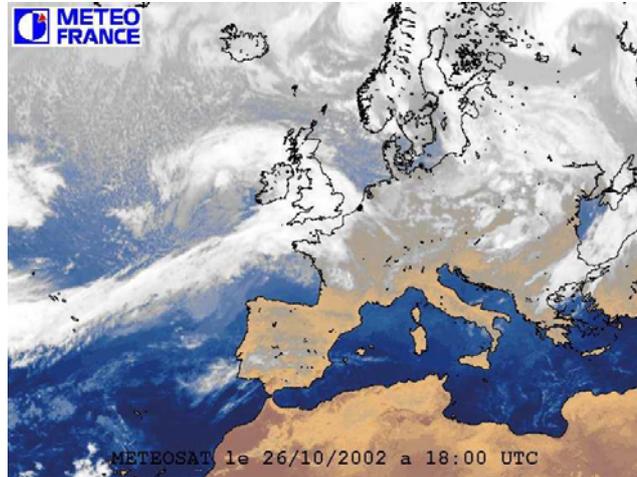
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



34



## Stürme/Orkane



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



35



## Stürme

- Über dem Atlantik brauen sich mehr als doppelt so häufig schwere Stürme zusammen wie noch vor 100 Jahren
- Während es zwischen 1900 und 1930 im Durchschnitt jährlich 6 heftige Stürme und Hurrikans gegeben habe, waren es von 1995 bis 2005 im Jahresmittel 15
- Den grössten Einfluss auf die Zirkulationsmuster und somit die Zugbahn von Stürmen hat die Nordatlantische Oszillation (NAO)
- Kein gesicherter Kausalzusammenhang zwischen erhöhter Sturmhäufigkeit und Klimawandel
- Trotz widersprüchlicher Ergebnisse zeichnet sich eine Tendenz zu selteneren mittleren, aber häufigeren heftigen Stürmen hin ab

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



36



## Trend der Windspitzen (Winter)

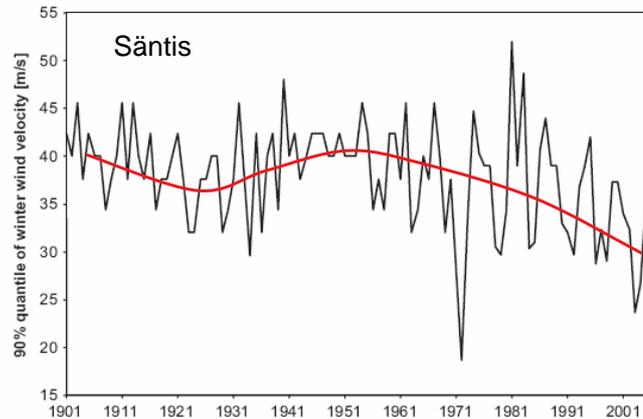


Fig. 4. Annual average peak wind velocities measured at Saentis for the period 1901–2005.

Beniston M, 2007

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



37



## Fazit

Mit Blick auf die klimatischen Veränderungen der nächsten Jahrzehnte sind zahlreiche strukturelle Massnahmen zu empfehlen, u.a.:

- Hochwasserschutz und Überlaufbecken
- Schutz vor hohen Temperaturen im Stall
- Genügend Tränken für Tiere im Innen- und Aussenbereich
- Raum für Wasser- und Futterreservoirs
- Bewässerung, sofern ökonomisch sinnvoll und ökologisch tragbar
- Windschutzmassnahmen (u.a. Anpassung der Gebäudenormen)
- ...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



38



**Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



39